

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-99522

(43) 公開日 平成7年(1995)4月11日

(51) Int.Cl. ⁸	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 L 27/34				
H 0 4 B 1/66		4101-5K		
14/04	Z	4101-5K		
		9297-5K	H 0 4 L 27/ 00	E

審査請求 未請求 請求項の数10 F D (全123頁)

(21) 出願番号 特願平5-261611

(22) 出願日 平成5年(1993)9月24日

(31) 優先権主張番号 特願平4-256070

(32) 優先日 平4(1992)9月25日

(33) 優先権主張国 日本(J P)

(31) 優先権主張番号 特願平5-66461

(32) 優先日 平5(1993)3月25日

(33) 優先権主張国 日本(J P)

(31) 優先権主張番号 特願平5-132984

(32) 優先日 平5(1993)5月10日

(33) 優先権主張国 日本(J P)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 大嶋 光昭

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

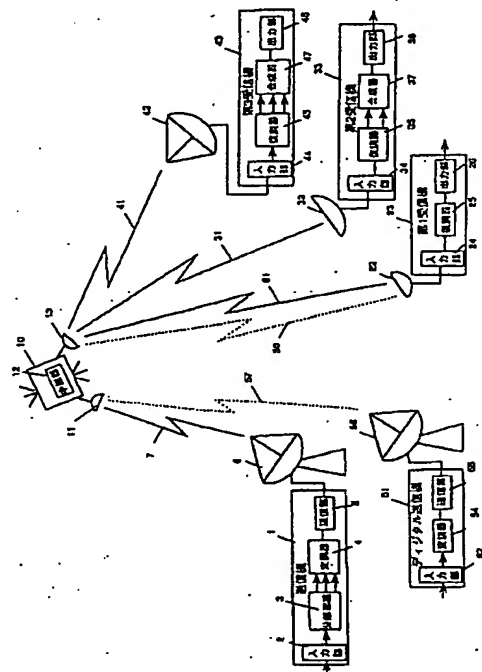
(74) 代理人 弁理士 小鍛冶 明 (外2名)

(54) 【発明の名称】 伝送装置

(57) 【要約】

【目的】 デジタル信号を伝送する伝送装置において周波数帯が制限されている場合に伝送情報量を増大できないことを解決し同一周波数帯でより多くの情報を伝送する送受信システムを提供することを目的とする。

【構成】 送信機1ではm値のQAM変調を行なう変調器4によりn値の第1データ列と、p値の第2データ列と第3データ列を信号スペースダイアグラム上の信号点をグループ化した信号点群に第1データ列のn値のデータを割りあてて変形m値のQAM変調信号を送信する。第1受信機23では復調器25によりn値の第1データ列を第2受信機33では第1データ列と第2データ列を第3受信機43では第1データ列、第2データ列、第3データ列を復調することにより、m値の変形多値変調波を受信した場合n<mなるn値の復調能力しかない受信機でもn値の第1データ列のデータを復調する伝送装置が得られる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 信号の入力部と、搬送波を上記入力部からの入力信号により変調し信号スペースダイアグラム図上に $m \geq 4$ なる m 値の少なくとも極座標 (r, θ) を表現される信号点を発生させる変調部と、変調信号を送信する送信部からなりデータ送信を行う伝送装置において、上記入力信号として n 値の第 1 データ列と、第 2 データ列を入力し、上記 n 値の信号点を n 個の信号点群に分割し、上記信号点群を各々第 1 データ列の n 値のデータに割りあて、上記信号点群の中の各信号点に第 2 データ群の各データを割りあてて、トレリス符号化して変調し送信する送信機により送信信号を送り、上記送信信号を受信する手段と受信信号の入力部と、信号スペースダイアグラム図上で、少なくとも極座標 (r, θ) で表現できる P 値の信号点の多値の変調信号を復調する復調器と、出力部を有する受信装置において、上記信号点を n 値の信号点群に分割し、各信号点群 n 値の第 1 データ列を対応させて復調し、信号点群の中の略々 p/n 値の信号点に p/n 値の第 2 データ列を対応させて復調し、第 1 データ列と第 2 データ列のデータを復調再生する受信装置を用いてデータの送受信を行う伝送装置。

【請求項 2】 信号点を極座標の半径 r 方向にシフトしてグループ化し、第 1 データ列もしくは第 2 データ列データを符号化することを特徴とする請求項 1 記載の伝送装置。

【請求項 3】 信号点を極座標の角度 θ 方向に市婦としてグループ化し、信号点群として、第 1 データ列もしくは第 2 データ列のデータを符号化することを特徴とする請求項 1 記載の伝送装置。

【請求項 4】 互いに直交した複数の搬送波を用いて複数のサブチャンネルのデータを伝送する OFDM 方式の伝送装置において、時間軸上でシンボル送信タイムスロットの前に設けられた無信号のガード時間スロットの長さを各サブチャンネル毎に変えられたことを特徴とする伝送装置。

【請求項 5】 複数のサブチャンネルにより TV 信号を高域成分と低域成分に分離して送信し、低域成分を含むサブチャンネルのガード時間スロットを高域成分を含むサブチャンネルのガード時間スロットより長くしたことを特徴とする請求項 4 記載の伝送装置。

【請求項 6】 互いに直交した複数の搬送波を用いて複数のサブチャンネルのデータを伝送する OFDM 方式の伝送装置において、時間軸上でシンボル送信タイムスロットの前に設けられた無信号のガード時間スロットをもつとともに、各サブチャンネルの上記シンボル送信タイムスロット巾の上記搬送波の間隔を変えたことを特徴とする伝送装置。

【請求項 7】 複数のサブチャンネルにより TV 信号を高域成分と低域成分に分離して送信し、低域成分を含むサブチャンネルの搬送波間隔を高域成分を含む搬送波間

隔より長くしたことを特徴とする請求項 4 記載の伝送装置。

【請求項 8】 互いに直交した複数の搬送波を用いて複数のサブチャンネルのデータを伝送する OFDM 方式の伝送装置において、各サブチャンネルの上記搬送波の送信電力を変えたことを特徴とする伝送装置。

【請求項 9】 信号の入力部と、搬送波を上記入力部からの入力信号により変調し信号スペースダイアグラム図上に $m \geq 4$ なる m 値の少なくとも極座標 (r, θ) を表現される信号点を発生させる変調部と、変調信号を送信する送信部からなりデータ送信を行う伝送装置において、上記入力信号として n 値の第 1 データ列と、第 2 データ列を入力し、上記 n 値の信号点を n 個の信号点群に分割し、上記信号点群を各々第 1 データ列の n 値のデータに割りあて、上記信号点群の中の各信号点に第 2 データ群の各データを割りあてて、トレリス符号化して変調し送信する送信機により送信信号を送り、上記送信信号を受信する手段と受信信号の入力部と、信号スペースダイアグラム図上で、少なくとも極座標 (r, θ) で表現できる P 値の信号点の多値の変調信号を復調する復調器と、出力部を有する受信装置において、上記信号点を n 値の信号点群に分割し、各信号点群 n 値の第 1 データ列を対応させて復調し、信号点群の中の略々 p/n 値の信号点に p/n 値の第 2 データ列を対応させて復調し、第 1 データ列と第 2 データ列のデータを復調するとともに復調信号の一部もしくは全部を trellis デコードにより復号再生する受信装置を用いてデータの送受信を行う伝送装置。

【請求項 10】 信号の入力部と、搬送波を上記入力部からの入力信号により変調し信号スペースダイアグラム図上に $m \geq 4$ なる m 値の信号点を発生させる変調部と、変調信号を送信する送信部からなりデータ送信を行う伝送装置において、上記入力信号として n 値の第 1 データ列と、第 2 データ列を入力し、上記 n 値の信号点を n 個の信号点群に分割し、上記信号点群を各々第 1 データ列の n 値のデータに割りあて、上記信号点群の中の各信号点に第 2 データ群の各データを割りあてて、トレリス符号化して変調し送信する送信機により送信信号を送り、上記送信信号を受信する手段と受信信号の入力部と、信号スペースダイアグラム図上で、 P 値の信号点の QAM 等の多値の変調信号を復調する復調器と、出力部を有する受信装置において、上記信号点を n 値の信号点群に分割し、各信号点群 n 値の第 1 データ列を対応させて復調し、信号点群の中の略々 p/n 値の信号点に p/n 値の第 2 データ列を対応させて復調し、第 1 データ列と第 2 データ列のデータを復調することを特徴とする伝送装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は搬送波を変調することに

よりデジタル信号を送送する伝送装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、デジタル伝送装置は様々な分野での利用が進んでいる。とりわけデジタル映像伝送技術の進展はめざましい。

【0003】中でもデジタルTVの伝送方式が最近注目されつつある。現在デジタルTV伝送装置は放送局間の中継用として一部実用化されているにすぎない。しかし、近い将来、地上放送と衛星放送への展開が予定され各国で検討が進められている。

【0004】高度化する消費者の要望に応えるため、HDTV放送、PCM音楽放送や情報提供放送やFAX放送等の放送サービスの内容の質と量を今後向上させる必要がある。この場合TV放送の限られた周波数帯域の中で情報量を増大させる必要がある。この帯域で伝送できる情報伝送量はその時代の技術的限界に応じて増大する。このため理想的には時代に応じて受信システムを変更し、情報伝送量を拡張できることが望ましい。

【0005】しかし放送の視点からみた場合、公共性が重要であり長期間に至る全ての視聴者の既得権の確保が重要となる。新しい放送サービスを始める場合、既存の受信機もしくは受像機でそのサービスを楽しむことができる必要条件である。過去と現在、そして現在と将来の新旧の放送サービスの間の受信機もしくは受像機の互換性、放送の両立性が最も重要であるといえる。

【0006】今後登場する新しい伝送規格、例えばデジタルTV放送規格には将来の社会の要求と技術進歩に対応できる情報量の拡張性と、既存の受信機器との間の互換性と両立性が求められている。

【0007】ここで、これまでに提案されているTV放送の伝送方式を拡張性と両立性の観点から述べる。

【0008】まずデジタルTVの衛星放送方式としてNTSC-TV信号を約6Mbpsに圧縮した信号を4値PSK変調を用いTDM方式で多重化し1つのトランスポンダーで4~20チャンネルNTSCのTV番組もしくは1チャンネルのHDTVを放送する方式が提案されている。またHDTVの地上放送方式として1チャンネルのHDTV映像信号を15Mbps程度のデータに圧縮し、16もしくは32QAM変調方式を用い地上放送を行う方式が検討されている。

【0009】まず衛星放送方式においては現在提案されている放送方式は、単純に従来の伝送方式で放送するため1チャンネルのHDTVの番組放送に数チャンネル分のNTSCの周波数帯域を使用する。このため、HDTV番組の放送時間帯には数チャンネルのNTSC番組が受信放送できないという問題点があった。NTSCとHDTVの放送との間の受信機、受像機の互換性、両立性がなかったといえる。また将来の技術進歩に伴い必要となる情報伝送量の拡張性も全く考慮されていなかったと

いえる。

【0010】次に現在検討されている従来方式のHDTVの地上放送方式はHDTV信号を16QAMや32QAMといった従来の変調方式でそのまま放送しているにすぎない。既存のアナログ放送の場合、放送サービスエリア内においてもビルかげや低地や隣接するTV局の妨害を受けるような受信状態が悪い地域が必ず存在する。このような地域においては、既存のアナログ放送の場合画質が劣化するものの、映像は再生できTV番組は視聴できた。しかし、従来のデジタルTV放送方式では、このような地域においては全く映像が再生できず、TV番組を全く視聴できないという重大な問題があった。これは、デジタルTV放送の本質的な課題を含むものでデジタルTV放送の普及に致命的となりかねない問題であった。これは従来のQAM等の変調方式の信号点の位置か等間隔に配置されていることに起因する。信号点の配置を変更もしくは変調する方式は従来なかった。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記従来の問題点を解決するもので、特に衛星放送におけるNTSC放送とHDTV放送の両立性、また地上放送におけるサービスエリア内の受信不能地域を大巾に減少させる伝送装置を提供することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明の伝送装置は、信号の入力部と、搬送波を上記入力部からの入力信号により変調し信号ベクトル図上にm値の信号点を発生させる変調部と変調信号を送信する送信部からなりデータ送信を行う送信装置と上記送信信号の入力部と、極座標系(r, θ)で表現できるベクトル図上でP値の信号点の変形PSKもしくは変形APSK変調波を復調する復調器と出力部を有する受信装置の2つの構成を有している。

【0013】

【作用】この構成によって入力信号としてn値のデータをもつ第1データ列と第2データ列を入力させ、送信装置の変調器によりベクトル図上にm値の信号点をもつ変形m値のQAM方式の変調波を作る。このm値の信号点をn組の信号点群に分割しこの信号点群を第1データ列のnケの各データに割りあて、この信号点群の中のm/nケの信号点もしくは副信号点群に第2データ列の各データを割りあてトレリス符号化して変調し送信装置により送信信号を送出する。場合によっては第3データも送出できる。

【0014】次に、 $p > m$ なるp値の復調器を持つ受信装置においては上記送信信号を受信し信号スペースダイアグラム上のp点の信号点に対して、まずp点の信号点をn組の信号点群に分割し、第1データ列の信号を復調再生する。次に該当する信号点群の中の p/n の信号点に p/n 値の第2データ列を対応させて復調し第1デ

5

ータと第2データを復調再生する。この時、第1データ列もしくは／かつ第2データ列をトレリス符号化する。 $p=n$ の受信機においては n 群の信号点群を再生し、各々に n 値を対応させ第1データ列のみを復調再生する。

【0015】以上の動作により送信装置からの同一信号を受信した場合、大型アンテナと多値の復調能力をもつ受信機では第1データ列と第2データ列を復調できる。同時に小型アンテナと少値の復調能力をもつ受信機では第1データ列の受信ができる。こうして両立性のある伝送システムを構築することができる。この場合第1データ列をNTSCまたはHDTVの低域成分等の低域TV信号に、第2データ列をHDTVの高域成分等の高域TV信号に割りあてることにより、同一電波に対して少値の復調能力をもつ受信機ではNTSC信号、多値の復調能力をもつ受信機ではHDTV信号を受信できる。このことによりNTSCとHDTVの両立性のあるデジタル放送が可能となる。

【0016】

【実施例】

(実施例1) 以下本発明の一実施例について、図面を参照しながら説明する。

【0017】図1は本発明による伝送装置のシステム全体図を示す。入力部2と分離回路部3と変調器4と送信部5をもつ送信機1は複数の多重化された入力信号を分離回路3により第1データ列、 D_1 、と第2データ列、 D_2 、と第3データ列、 D_3 に分離し変調器4により、変調信号として送信部5より出力し、アンテナ6により、この変調信号は伝送路7により人工衛星10に送られる。この信号は人工衛星10においてはアンテナ11で受信され、中継器12により増幅され、アンテナ13により再び地球へ送信される。

【0018】送信電波は、伝送経路21、31、41により第1受信機23、第2受信機33、第3受信機43に送られる。まず、第1受信機23ではアンテナ22を介して入力部24より入力し、復調器25により第1データ列のみが復調され、出力部26より出力される。この場合第2データ列、第3データ列の復調能力はもたない。

【0019】第2受信機33では、アンテナ32を介して入力部34より出力した信号は復調機35により第1データ列と第2データ列が復調され、合成器37により一つのデータ列に合成され、出力部36より出力される。

【0020】第3受信機43ではアンテナ42からの入力は入力部44に入り復調器45により第1データ列、第2データ列、第3データ列の3つのデータ列が復調され合成器47により一つのデータ群となり出力部46より出力される。

【0021】以上のように同じ送信機1からの同一の周波数帯の電波を受けても、上述の3つの受信機の復調器

6

の性能の違いにより受信可能な情報量が異なる。この特長により一つの電波帯で性能の異なる受信機に対してその性能に応じた両立性のある3つの情報を同時に伝送することが可能となる。例えば同一番組のNTSCとHDTVと超解像度型HDTVの3つのデジタルTV信号を送信する場合、スーパーHDTV信号を低域成分、高域差成分、超高域差成分に分離し、各々を第1データ列、第2データ列、第3データ群に対応させれば、1チャンネルの周波数帯で両立性のある中解像度、高解像度、超高解像度の3種のデジタルTV信号を同時に放送できる。

【0022】この場合、小型アンテナを用いた少値復調の受信機ではNTSC-TV信号を、中型アンテナを用いた中値復調可能な受信機ではHDTV信号を、大型アンテナを用いた多値復調可能な受信機では超高解像度型HDTVを受信できる。図1をさらに説明するとNTSCのデジタルTV放送を行うデジタル送信機51は入力部52より第1データ群と同様のデータのみを入力し、変調器54により変調し、送信機55とアンテナ56により伝送路57により衛星10に送り伝送路58により地球へ再び送信される。

【0023】第1受信機23では、デジタル送信機1からの受信信号を復調器24により、第1データ列に相当するデータを復調する。同様に、第2受信機33と第3受信機43は、第1データ列と同じ内容のデータ群を復調する。つまり3つの受信機は、デジタル一般TV放送等のデジタル放送も受信できる。

【0024】では、各部の説明をする。図2は送信機1のブロック図である。

【0025】入力信号は入力部2に入り、分離回路3で第1データ列信号と第2データ列信号と第3データ列信号の3つのデジタル信号に分離される。

【0026】例えば映像信号が入力された場合、映像信号の低域成分を第1データ列信号、映像信号の高域成分を第2データ列信号、映像信号の超高域成分を第3データ列信号に割り当てることが考えられる。分離された3つの信号は、変調器4の内部の変調入力部61に入力される。ここでは外部信号に基づき信号点の位置を変調もしくは変更する信号点位置変調／変更回路67があり外部信号に応じて信号点の位置を変調もしくは変更する。変調器4の中では直交した2つの搬送波の各々に振幅変調を行い、多値のQAM信号を得る。変調入力部61からの信号は第1AM変調器62と第2AM変調器63に送られる。 $\cos(2\pi f_c t)$ なる搬送波発生器64からの搬送波のうち一つは第1AM変調器62によりAM変調され、合成器65に送られ、もう一つの搬送波は $\pi/2$ 移相器66に送られ 90° 移相されて、 $\sin(2\pi f_c t)$ の状態第2AM変調器63に送られ、多値の振幅変調を受けた後、合成器65で、第2AM変調波と合成され、送信部5により送信信号として出力される。この方式そ

のものは従来より一般的に実施されているため詳しい動作の説明は省略する。

【0027】図3の16値の一般的なQAMの信号スペースダイアグラムの第1象限を用い動作を説明する。変調器4で発生する全ての信号は、直交した2つの搬送波 $A\cos 2\pi fct$ のベクトル81と $B\sin 2\pi fct$ のベクトル82の2つのベクトルの合成ベクトルで表現できる。0点からの合成ベクトルの先端を信号点と定義すると、16値QAMの場合 a_1, a_2, a_3, a_4 の4値の振幅値と b_1, b_2, b_3, b_4 の4値の振幅値の組み合わせにより合計16ケの信号点が設定できる。図3の第1象限では信号点83の C_{11} 、信号点84の C_{12} 、信号点85の C_{22} 、信号点86の C_{21} の4つの信号が存在する。

【0028】 C_{11} はベクトル $0-a_1$ とベクトル $0-b_1$ の合成ベクトルであり、 $C_{11}=a_1\cos 2\pi fct-b_1\sin 2\pi fct=A\cos(2\pi fct+d\pi/2)$ となる。

【0029】ここで図3の直交座標上における $0-a_1$ 間の距離を A_1 、 a_1-a_2 間を A_2 、 $0-b_1$ 間を B_1 、 b_1-b_2 間を B_2 と定義し、図上に示す。

【0030】図4の全体ベクトル図に示すように、合計16ケの信号点が存在する。このため各点を4ビットの情報に対応させることにより、4ビットの情報伝送が1周期つまり1タイムスロット中に可能となる。

【0031】図5に2進法で各点を表現した場合のその一般的な割り付け例を示す。当然、各信号点間の距離が離れている程、受信機の方で区別し易い。従って、一般的には各信号点間の距離を、できるだけ離すような配置にする。もし、特定の信号点間の距離を近付けた場合、受信機ではその2点間の識別が困難となり、エラーレートが悪くなる。従って一般的には図5のように等間隔の配置にするのが望ましいといわれている。従って16QAMの場合 $A_1=A_2/2$ なる信号点の配置が一般的に実施されている。

【0032】さて、本発明の送信機1の場合、まず、データを第1データ列と第2データ列場合により第3データ列に分割する。そして図6に示すように、16ケの信号点もしくは信号点群を4つの信号点群に分割し、第1データ列の4つのデータをまず、各々の信号点群に割り当てる。つまり第1データ列が11の場合第1データ象限の第1信号点群91の4つの信号点のうちのいずれか一つを送信し、01の場合は第2象限の第2信号点群92、00の場合、第3象限の第3信号点群93、10の場合第4象限の第4信号点群94、の中の各々4つの信号点の中から一つの信号点を第2データ列の値に応じて選択して送信する。次に16QAMの場合第2データ列の2ビット、4値のデータ、64値QAMの場合4ビット、16値のデータを91、92、93、94の各分割信号点群の中の4つの信号点もしくは副信号点群に図7のように割り当てる。どの象限も対象配置となる。信号点の91、92、93、94への割り当ては第1デー

タ群の2ビットデータにより優先的に決められる。こうして第1データ列の2ビットと第2データ列の2ビットは全く独立して送信できる。そして第1データ列は受信機のアンテナ感度が一定値以上あれば4PSK受信機でも復調できる。アンテナにさらに高い感度があれば本発明の変形16QAM受信機で第1データ群と第2データ群の双方が復調できる。

【0033】ここで図8に、第1データ列の2ビットと第2データ列の2ビットの割り当て例を示す。

【0034】この場合、HDTV信号を低域成分と高域成分に分け第1データ列に低域映像信号を割り当て、第2データ列に高域映像信号を割り当てることにより、4PSKの受信システムでは第1データ列のNTSC相当の映像を、16QAM又は、64QAMの受信システムでは第1データ列と第2データ列の双方が再生でき、これらを加算して、HDTVの映像を得ることができる。

【0035】ただ図9のように信号点間距離を等距離にした場合、4PSK受信機からみて第1象限に斜線で示した部分との間のスレシホールド距離がある。スレシホールド距離を A_{T0} とすると4PSKを送るだけなら A_{T0} の振幅でよい。しかし A_{T0} を維持しながら16QAMを送ろうとすると3 A_{T0} つまり3倍の振幅が必要である。つまり、4PSKを送信する場合に比べて、9倍のエネルギーを必要とする。何も配慮をしないで4PSKの信号点を16QAMモードで送ることは電力利用効率が悪い。また搬送波の再生も難しくなる。衛星伝送の場合使用できる電力は制約される。このような電力利用効率の悪いシステムは、衛星の送信電力が増大するまで現実的でない。将来デジタルTV放送が開始されると4PSKの受信機が大量に出回ることが予想されている。一旦普及した後はこれらの受信感度を上げることは受信機の両立性の問題が発生するため不可能といえる。従って、4PSKモードの送信電力は減らせない。このため16QAMモードで疑似4PSKの信号点を送る場合、送信電力を従来の16QAMより下げる方式が必要となることが予想される。そうしないと限られた衛星の電力では送信できなくなる。

【0036】本発明の特徴は図10のように図番91～94の4つの分割信号点群の距離を離すことにより、疑似4PSK型16QAM変調の送信電力を下げるができる点にある。

【0037】ここで受信感度と送信出力との関係を明らかにするために図1に戻りデジタル送信機51と第1受信機23の受信方式について述べる。

【0038】まず、デジタル送信機51と第1受信機23は一般的な伝送装置で、データ伝送もしくは放送を含む映像伝送を行っている。図7に示すようにデジタル送信機51は4PSK送信機であり、の図2で説明した多値QAMの送信機1からAM変調機能を除いたものである。入力信号は入力部52を介して変調器54に入力さ

れる。変調器54では変調入力部121により、入力信号を2つの信号に分けて基準搬送波を位相変調する第1-2相位相変調回路122と基準搬送波と90°位相が異なる搬送波を変調する第2-2相位相変調回路123に送り、これらの位相変調波は合成器65で合成され、送信部55により送信される。

【0039】この時の変調信号スペースダイアグラムを図18に示す。4つの信号点を設定し、電力利用効率を上げるために一般的には信号点間距離は等間隔にするのが常識となっている。一つの例として、信号点125を(11)、信号点126を(01)、信号点127を(00)、信号点128を(10)と定義した場合を示す。この場合4PSKの第1受信機23が満足なデータを受信するためにはデジタル送信機51の出力に一定以上の振幅値が要求される。図18で説明すると第1受信機23がデジタル送信機51の信号を4PSKで受信するのに最低必要な送信信号の最低振幅値つまり $0-a_1$ 間の距離を A_{10} と定義すると送信限界の最低振幅 A_{10} 以上で送信すれば、第1受信機23が受信可能となる。

【0040】次に第1受信機23について述べる。第1受信機23は送信機1からの送信信号もしくはデジタル送信機51からの4PSKの送信信号を衛星10の中継器12を介して、小型のアンテナ22で受信し、復調器24により受信信号を4PSK信号とみなして復調する。第1受信機23は本来、デジタル送信機51の4PSKまたは2PSKの信号を受信し、デジタルTV放送やデータ送信等の信号を受信するように設計されている。

【0041】図19は第1受信機の構成ブロック図で衛星12からの電波をアンテナ22で受信した、この信号は入力部24より入力した後、搬送波再生回路131と $\pi/2$ 移相器132により搬送波と直交搬送波が再生され、各々第1位相検出回路133と第2位相検出回路134により、直交している成分が各々独立して検波され、タイミング波抽出回路135によりタイムスロット別に各々独立して識別され、第1識別再生回路136と第2識別再生回路137により2つの独立した復調信号は第1データ列再生部232により第1データ列に復調され、出力部26により出力される。

【0042】ここで受信信号を図20のベクトル図を用いて説明する。デジタル送信機51の4PSKの送信電波に基づき第1受信機23で受信され信号は、もし伝送歪みやノイズが全くない理想的な条件では図20の151~154の4つの信号点で表せる。

【0043】しかし、実際は伝送路中のノイズと伝送系の振幅歪みや位相歪みの影響を受け受信された信号点は信号点の周囲のある一定の範囲に分布する。信号点から離れると隣の信号点と判別できなくなるためエラーレートが次第に増え、ある設定範囲を越えるとデータを復元できなくなる。最悪条件の場合でも設定されたエラーレ

ート以内に復調するためには隣接信号点間距離をとればよい。この距離を $2A_{10}$ と定義する。4PSKの限界受信入力の時信号点151が図20の $|0-a_{11}| \geq A_{10}$ 、 $|0-b_{11}| \geq A_{10}$ の斜線で示す第1弁別領域155に入るように伝送システムを設定すれば、後は搬送波が再生できれば復調できる。アンテナ22の設定した最低の半径値を r_0 とすると、送信出力をある一定以上にすれば全てのシステムで受信できる。図18における送信信号の振幅は第1受信機23の4PSK最低受信振幅値、 A_{10} になるようにに設定する。この送信最低振幅値を A_{10} と定義する。このことによりアンテナ22の半径が r_0 以上なら受信条件が最悪であっても第1受信機23はデジタル送信機51の信号を復調できる。本発明の変形16QAM、64QAMを受信する場合第1受信機23は搬送波を再生することが、困難となる。このため図25(a)のように送信機1が $(\pi/4 + n\pi/2)$ の角度上の位置に8つの信号点を配置し送信すれば、4通倍方式により搬送波を再生できる。又、図25(b)のように $n\pi/8$ の角度の延長線上に16ケの信号点を配置すれば搬送波再生回路131に16通倍方式の搬送波再生方式を採用することにより信号点が縮退し疑似4PSK型16QAM変調信号の搬送波を容易に再生できる。この場合 $A_1/(A_1+A_2) = \tan(\pi/8)$ となるように送信機1の信号点を設定し送信すればよい。ここでQPSK信号を受信する場合を考えてみる。図2の送信機の信号点位置変調/変更回路67のように信号点位置は(図18)のQPSK信号の信号点位置をAM等の変調を重畳することもできる。この場合第1受信機23の信号点位置復調部138は信号点の位置変調信号もしくは位置変更信号をPM、AM等の復調する。そして送信信号から第1データ列と復調信号を出力する。

【0044】次に送信機1に戻り図9のベクトル図を用いてここで送信機1の16PSKの送信信号を説明すると図9のように信号点83の水平ベクトル方向の振幅 A_1 を図18のデジタル送信機51の4PSK最低送信出力 A_{10} より大きくする。すると、図9の第1象限の信号点83、84、85、86の信号は斜線で示す第14PSK受信可能領域87に入る。これらの信号を第1受信機23で受信した場合、この4つの信号点は図20の受信ベクトル図の第1弁別領域に入る。従って、第1受信機23は図9の信号点83、84、85、86のいずれを受信しても図20の信号点151と判断し、(11)なるデータをこのタイムスロットに復調する。このデータは図8に示したように、送信機1の第1分割信号点群91の(11)、つまり第1データ列の(11)である。第2象限、第3象限、第4象限の場合も同様にして第1データ列は復調される。つまり、第1受信機23は16QAMもしくは32QAMもしくは64QAMの送信機1からの変調信号の複数のデータ列のうち、第1デ

11

一タ列の2 bitのデータのみを復調することになる。この場合は第2データ列や第3データ列の信号は全て第1～第4の分割信号点群91に包含されるため第1データ列の信号の復調には影響を与えない。しかし搬送波の再生には影響を与えるので後で述べるような対策が必要である。

【0045】もし、衛星の中継器の出力に限界がないなら図9のような従来の信号点等距離方式の一般の16～64QAMで実現できる。しかし、前述のように地上伝送と違い、衛星伝送では衛星の重量が増えると打ち上げコストが大幅に増大する。従って本体の中継器の出力限界と太陽電池の電力の限界から送信出力は制約されている。この状態はロケットの打ち上げコストが技術革新により安くない限り当分続く。送信出力は通信衛星の場合20W、放送衛星でも100W～200W程度である。従って、図9のような信号点等距離方式の16QAMで4PSKを伝送しようとした場合16QAMの振幅は $2A_1 = A_2$ であるから3A₁₀必要となり電力で表現すると9倍必要となる。両立性をもたせるために4PSKの9倍の電力が必要である。かつ4PSKの第1受信機も小型のアンテナで受信可能にしようすると、現在、計画されている衛星ではこれだけの出力を得ることは難しい。例えば40Wのシステムでは360W必要となり経済的に実現できなくなる。

【0046】ここで、考えてみると確かに全ての受信機が同じ大きさのアンテナの場合、同じ送信電力なら等距離信号点方式外地番効率が良い。しかし大きさの異なるアンテナの受信機群とを組合わせたシステムを考えてみると新たな伝送方式が構成できる。

【0047】これを具体的に述べると4PSKは小型のアンテナを用いた簡単で低コストの受信システムで受信させ受信者数を増やす。次に16QAMは中型アンテナを用いた高性能であるが高コストの多値復調受信システムで受信させ投資に見合ったHDTV等の高付加価値サービスを行い特定の受信者に対象を限定すればシステムとして成立する。こうすれば送信出力を若干増加させるだけで4PSKと16QAM、場合により64DMAを階層的に送信することができる。

【0048】例えば図10のように $A_1 = A_2$ となるように信号点間隔をとることにより、全送信出力を下げる
40
ことができる。この場合4PSKを送信するための振幅A(4)はベクトル95で表現でき、 $2A_1^2$ の平方根となる。全体の振幅A(16)はベクトル96で表現でき $(A_1 + A_2)^2 + (B_1 + B_2)^2$ の平方根となる。

【0049】

$$\begin{aligned} |A(4)|^2 &= A_1^2 + B_1^2 = A_{10}^2 + A_{10}^2 = 2A_{10}^2 \\ |A(16)|^2 &= (A_1 + A_2)^2 + (B_1 + B_2)^2 = 4A_{10}^2 + 4A_{10}^2 = 8A_{10}^2 \\ |A(16)| / |A(4)| &= 2 \end{aligned}$$

つまり、4PSKを送信する場合の2倍の振幅、4倍の

12

送信エネルギーで送信できる。等距離信号点で伝送する一般的な受信機では変形16値QAMの復調はできないが A_1 と A_2 の2つの閾値を予め設定することにより第2受信機33で受信できる。図10の場合、第1分割信号点群91の中の信号点の最短距離は A_1 であり、4PSKの信号点間距離 $2A_1$ と比べると $A_2/2A_1$ なる。 $A_1 = A_2$ より $1/2$ の信号点間距離となり、同じエラーレートを得ようすると2倍の振幅の受信感度、エネルギーでは4倍の受信感度が必要となる。4倍の受信感度を得るには、第2受信機33のアンテナ32の半径 r_2 を第1受信機23のアンテナ22の半径 r_1 に比べて2倍すなわち $r_2 = 2r_1$ にすればよい。例えば第1受信機23のアンテナが直径30cmなら第2受信機33のアンテナ直径を60cmにすれば実現できる。このことにより第2データ列の復調により、これをHDTVの高域成分に割り当てればHDTV等の新たなサービスが同一チャンネルで可能となる。サービス内容が倍増することから受信者はアンテナと受信機の投資に見合った分のサービスを受けることができる。従って第2受信機33はその分高コストでもよい。ここで、4PSKのモード受信のために最低送信電力が決まっているため、図10の A_1 と A_2 の比率により4PSKの送信電力に対する変形16APSKの送信電力比 n_{16} と第2受信機33のアンテナ半径 r_2 が決定する。

【0050】この最適化を計るため計算してみると、4PSKの最低必要な送信エネルギーは $((A_1 + A_2)/A_1)^2$ 倍これを n_{16} と定義すると、変形16値QAMで受信するときの信号点間距離は A_2 、4PSKで受信するときの信号点間距離は $2A_1$ 、信号点間距離の比率は $A_2/2A_1$ 、であるから受信アンテナの半径を r_2 とすると図11のような関係となる。曲線101は送信エネルギー倍率 n_{16} と第2受信機23のアンテナ22の半径 r_2 の関係を表す。

【0051】点102は等距離信号点の場合の16QAMを送信する場合で、前述のとおり9倍の送信エネルギーを必要とし実用的ではない。図11から n_{16} を5倍以上増やしても第2受信機23のアンテナ半径 r_2 はさほど小さくならないことがグラフからわかる。

【0052】衛星の場合、送信電力は限定されており、一定値以上はとれない。このことから n_{16} は5倍以下が望ましいことが明らかになる。この領域を図11の領域103の斜線で示す。例えばこの領域内なら例えば点104は送信エネルギー4倍で第2受信機23のアンテナ半径 r_2 は2倍になる。また、点105は送信エネルギーが2倍で r_2 は約5倍になる。これらは、実用化可能な範囲にある。

【0053】 n_{16} が5より小さいことを A_1 と A_2 で表現すると

$$\begin{aligned} n_{16} &= ((A_1 + A_2)/A_1)^2 \leq 5 \\ A_2 &\leq 1.23A_1 \end{aligned}$$

図10から分割信号点群間の距離を $2A(4)$ 、最大振巾を $2A(16)$ とすると、 $A(4)$ と $A(16)-A(4)$ は A_1 と A_2 に比例する

従って

$$\{A(16)\}^2 \leq 5 \{A(14)\}^2 \text{ とすればよい}$$

次に変形の64APSK変調を用いた例を示す。第3受信機43は、64値QAM復調ができる。

【0054】図12のベクトル図は図10のベクトル図の分割信号点群を4値から16値に増加させた場合である。図12の第1分割信号点群91の中には信号点170を始めとして $4 \times 4 = 16$ 値の信号点が等間隔に配置されている。この場合、4PSKとの両用性をもたせるため送信振巾の $A_1 \geq A_{T0}$ に設定しなければならない。第3受信機43のアンテナの半径を r_3 として、送信、出力信号 $n64$ と定義した場合の r_3 の値を、同様にし

$$r_3^2 = \{6^2 / (n-1)\} r_1^2$$

となり、図13 64値QAMの半径 r_3 —出力倍数 n のようなグラフとなる。

【0055】ただし、図12のような配置では第2受信機33で受信した場合4PSKの2bitしか復調できないので第1、第2、第3の3つの両立性を成立させるには、第2受信機33に変形64値QAM変調波から変形16値QAMを復調する機能をもたせることが望ましい。

【0056】図14のように3階層の信号点のグルーピングを行うことにより3つの受信機の両立性が成立する。第1象限だけで説明すると、第1分割信号点群91は第1データ列の2bitの(11)を割りあてたことは述べた。

【0057】次に、第1副分割信号点群181には第2データ列の2bitの(11)を割りあてる。第2副分割信号点群182には(01)を、第3副分割信号点群183には(00)を第4副分割信号点群184には(10)を割りあてる。このことは図7と等価である。

【0058】図15の第1象限のベクトル図を用いて第3データ列の信号点配置を詳しく説明すると例えば信号点201、205、209、213を(11)、信号点202、206、210、214を(01)、信号点203、207、211、215を(00)、信号点204、208、212、216を(10)とすれば、第3データ列の2bitのデータを第1データ、第2データと独立して、3階層の2bitデータが独立して伝送できる。

【0059】6bitのデータが送るだけでなく本発明の特徴として3つのレベルの性能の異なる受信機で、2bit、4bit、6bitの異なる伝送量のデータが伝送できしかも、3つの階層の伝送間の両立性をもたせることができる。

【0060】ここで、3階層伝送時の両立性をもたせる

ために必要な信号点の配置方法を説明する。

【0061】図15にあるように、まず、第1データ列のデータを第1受信機23で受信させるためには、 $A_1 \geq A_{T0}$ であることはすでに述べた。

【0062】次に第2データ列の信号点、例えば図10の信号点91と図15の副分割信号点群の182、183、184の信号点と区別できるように信号点間距離を確保する必要がある。

【0063】図15では $2/3 A_2$ だけ離れた場合を示す。この場合第1副分割信号点群181の内部の信号点201、202の信号点間距離は $A_2/6$ となる。第3受信機43で受信する場合に必要な受信エネルギーを計算する。この場合、アンテナ32の半径を r_3 として、必要な送信エネルギーを4PSK送信エネルギーの $n64$ 倍であると定義すると、

$$r_3^2 = (12r_1)^2 / (n-1) \text{ となる}$$

このグラフは図16の曲線221で表せる。例えば点222、223の場合4PSK送信エネルギーの6倍の送信エネルギーが得られれば8倍の半径のアンテナで、また9倍の送信エネルギーなら6倍のアンテナで第1、第2、第3のデータ列が復調できることがわかる。この場合、第2データ列の信号点間距離が $2/3 A_2$ と近づくため

$$r_2^2 = (3r_1)^2 / (n-1) \text{ となり}$$

曲線223のように若干第2受信機33のアンテナ32を大きくする必要がある。

【0064】この方法は、現時点のように衛星の送信エネルギーが小さい間は第1データ列と第2データ列を送り、衛星の送信エネルギーが大巾に増加した将来において第1受信機23や第2受信機33の受信データを損なうことなく、また改造することなく第3データ列を送ることができるという両立性と発展性の両面の大きな効果が得られる。

【0065】受信状態を説明するために、まず第2受信機33から述べる。前述の第1受信機23が本来半径 r_1 の小さいアンテナでデジタル送信機51の4PSK変調信号及び送信機1の第1データ列を復調できるように設定してあるのに対し、第2受信機33では送信機1の図10に示した16値の信号点つまり第2データ列の16QAMの2ビットの信号を完全に復調できる。第1データ列と合わせて4bitの信号を復調できる。この場合 A_1 、 A_2 の比率が送信機により異なる。このデータを図21の復調制御部231で設定し、復調回路に閾値を送る。これによりAM復調が可能となる。

【0066】図21の第2受信機33のブロック図と、図19の第1受信機23のブロック図はほぼ同じ構成である。違う点は、まずアンテナ32がアンテナ22より大きい半径 r_2 をもっている点にある。このため、より信号点間距離の短い信号を弁別できる。次に、復調器35の内部に復調制御部231と、第1データ列再生部2

32と第2データ列再生部233をもつ。第1識別再生回路136は変形16QAMを復調するためAM復調機能をもっている。この場合、各搬送波は4値の値をもち、零レベルと±各2値の閾値をもつ。本発明の場合、変形16QAM信号のため、図22の信号ベクトル図のように閾値が送信機の送信出力により異なる。従って、 TH_{16} を基準化したスレシホールド値とすると、図22から明らかなように

$$TH_{16} = (A_1 + A_2 / 2) / (A_1 + A_2)$$

となる。

【0067】この A_1 、 A_2 もしくは TH_{16} 及び、多値変調の値 m の復調情報は、送信機1より、第1データ列の中に含めて送信される。また復調制御部231が受信信号を統計処理し復調情報を求める方法もとれる。

【0068】図26を用いてシフトファクター A_1/A_2 の比率を決定していく方法を説明する。 A_1/A_2 を変えると閾値が変わる。受信機側で設定した A_1/A_2 が送信機側で設定した A_1/A_2 の値から離れるに従いエラーは増える。図26の第2データ列再生部233からの復調信号を復調制御回路231にフィードバックしてエラーレートの減る方向にシフトファクター A_1/A_2 を制御することにより第3受信機43はシフトファクターを A_1/A_2 を復調しなくても済むため回路が簡単になる。また送信機は A_1/A_2 を送る必要がなくなり伝送容量が増えるという効果がある。これを第2受信機33に用いることもできる。復調制御回路231はメモリー231aを持つ。TV放送のチャンネル毎に異なるしきい値、つまりシフト比や信号点数や同期ルールを記憶し再びそのチャンネルを受信するとき、この値を呼び出すことにより受信が速く安定するという効果がある。

【0069】この復調情報が不明の場合、第2データ列の復調は困難となる。以下、(図24)のフローチャートを用いて説明する。

【0070】復調情報が得られない場合でもステップ313の4PSKの復調及びステップ301の第1データ列の復調はできる。そこで、ステップ302で第1データ列再生部232で得られる復調情報を復調制御部231に送る。復調制御部231はステップ303で m が4又は2ならステップ313の4PSKもしくは2PSKの復調を行う。NOならステップ304で m が8又は16ならステップ305へ向う。NOの場合はステップ310へ向う。ステップ305では TH_8 と TH_{16} の演算を行う。ステップ306で復調制御部231はAM復調の閾値 TH_{16} を第1識別再生回路136と第2識別再生回路137に送り、ステップ307、315で変形16QAMの復調と第2データ列の再生がなされる。ステップ308でエラーレートがチェックされ、悪い場合はステップ313に戻り、4PSK復調を行なう。

【0071】またこの場合、図22の信号点85、83は $\cos(\omega t + n\pi/2)$ の角度上にあるが、信号点

84、86はこの角度上にない。従って図21の第2データ列再生部233より搬送波再生回路131へ第2データ列の搬送波送出情報を送り信号点84、86のタイミングの信号からは搬送波を抽出しないように設定してある。

【0072】第2データ列が復調不能な場合を想定して送信機1は第1データ列により搬送波タイミング信号を間欠的に送っている。この信号により第2データ列が復調できなくても、第1データ列のみでも信号点83、

85がわかる。このため、搬送波再生回路131に搬送波送出情報を送ることにより搬送波が再生できる。

【0073】次に送信機1より、図23に示すような変形64QAMの信号が送られてきた場合、図24のフローチャートに戻るとステップ304で m が16でないか判断されステップ310で m が64以下かがチェックされ、ステップ311で等距離信号点方式でない場合、ステップ312に向かう。ここでは変形64QAM時の信号点間距離 TH_{64} を求めると

$$TH_{64} = (A_1 + A_2 / 2) / (A_1 + A_2)$$

であり、 TH_{16} と同じである。しかし、信号点間距離が小さくなる。

【0074】第1副分割信号点群181の中にある信号点間の距離を A_3 とすると、第1副分割信号点群181と第2副分割信号点群182の距離は $(A_2 - 2A_3)$ 、基準化すると $(A_2 - 2A_3) / (A_1 + A_2)$ となる。これを d_{64} と定義すると、 d_{64} が第2受信機33の弁別能力 T_2 以下である場合、弁別できない。この場合、ステップ313で判断し、 d_{64} が許容範囲外であればステップ313の4PSKモードに入る。弁別範囲にある場合はステップ305へ向う、ステップ307の16QAMの復調を行う。ステップ308でエラーレートが大きい場合は、ステップ313の4PSKモードに入る。

【0075】この場合、送信機1が図25(a)に示すような信号点の変形8QAM信号を送信すれば、全ての信号点が $\cos(2\pi f + n \cdot \pi/4)$ の角度上にあるため、4通倍回路により、全ての搬送波が同じ位相に縮退されるため搬送波の再生が簡単になるという効果が生まれる。この場合、配慮をしていない4PSK受信機でも第1データ列の2bitは復調でき、第2受信機33では第2データ列の1bit 図25(a)と図25(b)の信号点配置図は極座標方向(r, θ)にシフトした信号点を追加した場合のC-CDMの信号点を示す。さきに述べた直交座標上つまりXY方向に信号点をシフトさせたC-CDMを直交座標系C-CDMと呼び、極座標系つまり r, θ 方向に信号点をシフトさせたC-CDMを極座標系C-CDMを極座標系C-CDMと呼ぶ。

【0076】まず図25(a)の8PS-APSKの信号点配置図は、QPSKの4つの信号点の各々に極座標における半径 r 方向にシフトした信号点をもう1つずつ追加したものである。こうして、図25(a)に示すよ

うにQPSKから8つの信号点をもつ極座標C-CDMのAPSKが実現する。これは極座標上において極(Pole)をシフトさせた信号点を追加したAPSKであることからShifted Pole-APSK略してSP-APSKと呼ぶ。この場合、図139に示すようにシフトファクター S_1 を用いることによりQPSKに追加された信号点85の座標が定義できる。8PS-APSKの信号点は標準のQPSKの極座標(r_0, θ_0)の信号点83を半径 r 方向に $S_1 r_0$ だけシフトさせた位置の信号点($(S_1 + 1) r_0, \theta_0$)を追加したものである。こうしてQPSKと同じ2bitのサブチャンネル1に1bitのサブチャンネル2が追加される。

【0077】また、図140のコンステレーション図に示すように、座標(r_0, θ_0)、($r_0 + S_1 r_0, \theta_0$)の8つの信号点に半径 r 方向に $S_2 r_0$ だけシフトさせた信号点を追加することにより新たに($r_0 + S_2 r_0, \theta_0$)と($r_0 + S_1 r_0 + S_2 r_0, \theta_0$)の1bitの信号点が追加される。これは2種類の配置があるため1bitのサブチャンネルが得られる。これを16PS-APSKと呼び、2bitのサブチャンネル1と1bitのサブチャンネル2と1bitのサブチャンネル3をもつ。16-PS-APSKも $\theta = 1/4 (2n+1)\pi$ 上に信号点があるため図19で説明した通常のQPSK受信機で搬送波が再生できるため第2サブチャンネルは復調できないが2bitの第1サブチャンネルは復調できる。このように極座標方向にシフトするC-CDM方式はPSKとくに現在の衛星放送において主流であるQPSK受信機と互換性を保ちながら伝送情報量を拡張できるという効果がある。このためPSKを使った第一世代の衛星放送の視聴者を失うことなく第2世代のAPSKを使った多値変調の情報量の多い衛星放送へと互換性を保ちながら拡張できる。

【0078】図25(b)の場合の信号点は極座標における角度 $=\pi/8$ の上にある。これは16PSKの信号点の各象限4ケのつまり計16ケの信号点のうち各象限3ケつまり12ケの信号点に限定している。限定することにより、荒く見た場合、この3ケの信号点を一つの信号点とみなし全体で4個のQPSKの信号点とみなすことができる。こうして前述場合と同様にして、QPSK受信機を用いて第1サブチャンネルを再生できる。

【0079】これらの信号点は $\theta = \pi/4$ 、 $\theta = \pi/4 + \pi/8$ 、 $\theta = \pi/4 - \pi/8$ の角度上に配置される。

つまり角度 $\pi/4$ 上にあるQPSKの信号点を極座標の角度方向に $\pm \pi/8$ シフトさせた信号点を追加したものである。 $\theta = \pi/4 \pm \pi/8$ の範囲にあるため、略々 θ PSKの $\theta = \pi/4$ 上の1つの信号点とみなせる。この場合のエラーレートは若干悪くなるが図19に示すQPSKの受信機23により4つの角度上の信号点とは弁別できるため復調でき2bitのデータが再生される。角度シフトC-CDMの場合、角度が π/n 上にある場

合、搬送波再生回路は、他の実施例と同様に n 通倍回路により、搬送波は再生できる。また π/n 上にない場合は、他の実施例の場合と同様にキャリア情報を一定期間に数ケ送ることにより、搬送波が再生できる。

【0080】また、図141に示すようにQPSK又は8-SP-APSKの信号点間の極座標における角度を $2\theta_0$ 、第1次角度シフトファクターを P_1 とすると信号点を2つに分割し角度 θ 方向に $\pm P_1 \theta_0$ だけシフトさせることにより、QPSKの場合($r_0, \theta_0 + P_1 \theta_0$)と($r_0, \theta_0 - P_1 \theta_0$)の2つの信号点に分割され信号点の数が倍になる。こうして1bitのサブチャンネル3が追加される。これを $P = P_1$ の8-SP-PSKと呼ぶ。図142に示すようにこの8-SP-PSKの信号点を半径 r 方向に $S_1 r_0$ だけシフトさせた信号点を加えたものを16-SP-APSK(P, S_1 型)と呼ぶ。位相が同じである8PS-PSKによりサブチャンネル1、2が再生できる。さて、ここで図25(b)に戻る。極座標系の角度シフトを用いたC-CDMは図141のようにPSKに適用できるため、第一世代の衛星放送にも用いることができる。しかし、第2世代のAPSKの衛星放送に用いた場合、図142に示すように極座標系C-CDMはグループ内の信号点の間隔を均一にとることができない。従って電力利用効率が悪い。一方直交座標時のC-CDMはPSKとの互換性がよくない。

【0081】ず25(b)の方式は直交座標系と極座標系の双方に互換性をもつ。信号点を16PSKの角度上に配置しているため、16PSKにより復調できるとともに、信号点をグルーピングしてあるためQPSK受信機でも復調できる。また直交座標上にも配置してあるため16-SRQAMでも復調できる。QPSK、16PSK、16-SRQAMの3つの間の極座標系と直交座標系C-CDM間の互換性を実現しながら拡張できるという大きな効果がある方式である。itが再生でき、合計3bit再生できる。

【0082】次に第3受信機43について述べる。図26は第3受信機43のブロック図で、図21の第2受信機33とほぼ同じ構成となる。違う点は第3データ列再生部234が追加されていることと識別再生回路に8値の識別能力があることにある。アンテナ42の半径 r_3 が r_2 よりさらに大きくなるため、より信号点間距離の近い信号、例えば32値QAMや64値QAMも復調できる。このため、64値QAMを復調するため、第1識別再生回路136は検信号波に対し、8値のレベルを弁別する必要がある。この場合7つの閾値レベルが存在する。このうち1つは0のため1つの象限には3つの閾値が存在する。

【0083】図27の信号スペースダイアグラムに示すように、第1象限では3つの閾値が存在する。

【0084】図27に示すように3つの正規化された閾

値、 TH_{164} と TH_{264} と TH_{364} が存在する。

【0085】

$$TH_{164} = (A_1 + A_3 / 2) / (A_1 + A_2)$$

$$TH_{264} = (A_1 + A_2 / 2) / (A_1 + A_2)$$

$$TH_{364} = (A_1 + A_2 - A_3 / 2) / (A_1 + A_2)$$

で表わせる。

【0086】この閾値により、位相検波した受信信号をAM復調することにより、図21で説明した第1データ列と第2データ列と同様にして第3データ列のデータが復調される。図23のように第3データ列は例えば第1副分割信号群181の中の4つの信号点201、202、203、204の弁別により、4値つまり2bitとれる。こうして6bitつまり変形64値QAMの復調が可能となる。

【0087】この時の復調制御部231は第1データ列再生部232の第1データ列に含まれる復調情報により、 m 、 A_1 、 A_2 、 A_3 の値がわかるのでその閾値 TH_{164} と TH_{264} と TH_{364} を計算して第1識別再生回路136と第2識別再生回路137に送り、変形64QAM復調を確実に行うことができる。この場合復調情報にはスクランブルがかかっているので許可された受信者しか64QAMを復調できないようにすることもできる。図28は変形64QAMの復調制御部231のフローチャートを示す。(図24)の16値QAMのフローチャートと違う点のみを説明する。図28のステップ304よりステップ320になり $m=3$ ならステップ322の32値QAMを復調する。NOならステップ321で $m=64$ か判別し、ステップ323で A_3 が設定値以下から再生できないため、ステップ305に向い、図24と同じフローチャートになり、変形16QAMの復調を行なう。ここでステップ323に戻ると、 A_3 が設定値以上ならステップ324で閾値の計算を行い、ステップ325で第1、第2識別再生回路へ3つの閾値を送りステップ326で変形64QAMの再生を行い、ステップ327で第1、第2、第3データの再生を行い、ステップ328でエラーレートが大きければステップ305に向い16QAM復調をして小さければ64QAM復調を継続する。

【0088】ここで、復調に重要な搬送波再生方式について述べる。本発明は変形16QAMや、変形64QAMの第1データ列を4PSK受信機で再生させるところに特徴の一つがある。この場合、通常の4PSK受信機を用いた場合は搬送波の再生が困難となり正常な復調ができない。これを防止するため送信機側と受信機側でいくつかの対策が必要となる。

【0089】本発明による方法として2通りの方式がある。第1の方式は一定規則に基づき間欠的に $(2n-1)\pi/4$ の角度上の信号点を送る方法である。第2の方式は $n\pi/8$ の角度上に略略、全ての信号点を配置し送信する方法である。

【0090】第一の方法は、図38に示したように4つの角度、 $\pi/4$ 、 $3\pi/4$ 、 $5\pi/4$ 、 $7\pi/4$ の角度上にある信号点例えば信号点83、85の信号を送る時、図38の送信信号のタイムチャート図の中のタイムスロット群451のうち斜線で示す間欠的に送られる同期タイムスロット452、453、454、455をある一定の規則に基づき設定する。そして、この期間中に必ず上記角度上の8つの信号点の中のひとつの信号点を送信する。それ以外のタイムスロットでは任意の信号点を送信する。そして送信機1は、このタイムスロットを送る上記の規則を図41に示すデータの同期タイミング情報部499に配置して送信する。

【0091】この場合の送信信号の内容を図41を用いてさらに詳しく説明すると同期タイムスロット452、453、454、455を含むタイムスロット群451は1つの単位データ列491、 D_n を構成する。

【0092】この信号には同期タイミング情報の規則に基づき間欠的に同期タイムスロットが配置されているので、この配置規則がわかれば、同期タイムスロットにある情報を抽出することにより搬送波再生は容易にできる。

【0093】一方データ列492のフレームの先頭部分には、Sで示す同期領域493がありこれは斜線で示す同期タイムスロットだけで構成されている。この構成により上記の搬送波再生用の抽出情報が多くなるので4PSK受信機の搬送波再生が確実にしかも早くできるという効果がある。

【0094】この同期領域493は、 S_1 、 S_2 、 S_3 で示す同期部496、497、498、等を含み、この部分には、同期のためのユニークワードや前述の復調情報が入っている。さらにI_rで示す位相同期信号配置情報部499もあり、この中には、位相同期タイムスロットの配置間隔の情報や配置規則の情報等の情報が入っている。

【0095】位相同期タイムスロットの領域の信号点は特定の位相しかもたないため搬送波は4PSK受信機でも再生できるため、位相同期部配置情報I_rの内容は確実に再生できるため、この情報入手後は搬送波を確実に再生できる。

【0096】図41の同期領域493の次に復調情報部501があり、変形多値QAM信号を復調するときに必要なスレシホールド電圧に関する復調情報が入っている。この情報は多値QAMの復調に重要なので、図41の同期領域502のように同期領域の中に復調情報502を入れると復調情報の入手がより確実になる。

【0097】図42はTDMA方式によりバースト状の信号を送る場合の信号配置図である。図41との違いはデータ列492、 D_n と他のデータ列との間にガードタイム521が設けられ、この期間中、送信信号は送信されない。またデータ列492の先頭部には同期をとるた

めの同期部522が設けられている。この期間中は前述の $(2n-1)\pi/4$ の位相の信号点しか送信されない。従って4PSKの復調器でも搬送波が再生できる。こうしてTDMA方式でも同期及び搬送波再生が可能となる。

【0098】次に図19の第1受信機23の搬送波再生方式について図43と図44を用いて詳しく述べる。図43において入力した受信信号は入力回路24に入り、同期検波回路541で同期検波された復調信号の1つは出力回路542に送られ出力され、第1データ列が再生される。抽出タイミング制御回路543で図41の位相同期部配置情報部499が再生され、どのタイミングで $(2n-1)\pi/4$ の位相同期部の信号が入ってくるかわかり、図44のような間欠的な位相同期制御信号561が送られる。復調信号は通倍回路545に送られ、4通倍されて搬送波再生制御回路54に送られる。図44の信号562のように真の位相情報563の信号とそれ以外の信号を含む。タイミングチャート564の中の斜線に示すように $(2n-1)\pi/4$ の位相の信号点からなる位相同期タイムスロット452が間欠的に含まれる。これを位相同期制御信号564を用いて搬送波再生制御回路544により、サンプリングすることにより位相標本信号565が得られる。これをサンプリングホールディングすることにより、所定の位相信号566が得られる。この信号はループフィルタ546を通り、VCO547に送られ搬送波が再生され、同期検波回路541に送られる。こうして図39の斜線に示すような $(2n-1)\pi/4$ の位相の信号点が抽出される。この信号を基に4通倍方式により正確な搬送波が再生できる。この時、複数の位相が再生されるが図41の同期部496にユニークワードを入れることにより、搬送波の絶対位相を特定できる。

【0099】図40のように変形64QAM信号を送信する場合、略略 $(2n-1)\pi/4$ の位相の斜線で示す位相同期領域471の中の信号点に対してのみ位相同期タイムスロット452、452b等を送信機は送る。このため通常の4PSK受信機では搬送波は再生できないが、4PSKの第1受信機23でも、本発明の搬送波再生回路を装備することにより搬送波が再生できるという効果がある。

【0100】以上はコスタ方式の搬送波再生回路を用いた場合である。次に逆変調方式搬送波再生回路に本発明を用いた場合を説明する。

【0101】図45は本発明の逆変調方式搬送波再生回路を示す。入力回路24からの受信信号は同期検波回路541により、復調信号が再生される。一方、第1遅延回路591により遅延された入力信号は4相位変調器592において上記復調信号により逆復調され搬送波信号となる。搬送波再生制御回路544を通過できた上記搬送波信号は、位相比較器593に送られる。一方VCO

547からの再生搬送波は第2遅延回路594により、遅延され、位相比較器593で前述の逆変調搬送波信号と位相比較され、位相差信号はループフィルタ546を通してVCO547に供給され、受信搬送波と同位相の搬送波が再生される。この場合、図43のコスタ形搬送波再生回路と同様に、抽出タイミング制御回路543は図39の斜線で示した領域の信号点のみの位相情報をサンプリングさせるので16QAMでも64QAMでも、第1受信機23の4PSKの変調器で搬送波を再生できる。

【0102】次に、16通倍方式により搬送波を再生する方式について述べる。図2の送信機1は、図46に示すように変形16QAMの信号点を $n\pi/8$ の位相に配置して変調および送信を行なう。図19の第1受信機23の方では、図48に示すような16通倍回路661をもつコスタ型の搬送波再生回路を用いることにより、搬送波が再生できる。16通倍回路661により、図46のような $n\pi/8$ の位相の信号点は第1象限に縮退されるためループフィルタ546とVCO541により搬送波が再生できる。ユニークワードを同期領域に配置することにより16相から絶対位相を抽出することもできる。

【0103】次に16通倍回路の構成を説明する。復調信号から和回路662と差回路663により、和信号、差信号を作り、乗算器664で掛け合わせて $\cos 2\theta$ をつくる。また乗算器665では $\sin 2\theta$ をつくる。これらを乗算器666で乗算し、 $\sin 4\theta$ をつくる。

【0104】 $\sin 2\theta$ と $\cos 2\theta$ から、同様に、和回路667差回路668と乗算器670により $\sin 8\theta$ をつくる。和回路671と差回路672と乗算器により $\cos 8\theta$ をつくる。そして乗算器674により $\sin 16\theta$ をつくることにより16通倍ができる。

【0105】以上のような16通倍方式により、図46のような信号点配置をした変形16QAM信号の全ての信号点の搬送波を特定の信号点を抽出することなしに再生できるという大きな効果がある。

【0106】また図47のような配置をした変形64QAM信号の搬送波も再生できるが、いくつかの信号点は同期領域471より若干ずれているので、復調時エラーレートが増えてしまう。

【0107】この対策として2つの方法がある。1つは同期領域をはずれた信号点の信号を送信しないことである情報量は減るが構成は簡単になるという効果がある。もう1つは図38で説明したように同期タイムスロットを設けることである。タイムスロット群451の中の同期タイムスロットの期間中に斜線で示す $n\pi/8$ の位相の同期位相領域471、471a等の信号点を送ることにより、この期間中に正確に同期をとることができるため位相誤差がすくなくなる。

【0108】以上のようにして16通倍方式により、簡

単な受信機の構成で4PSK受信機により変形16QAMや変形64QAMの信号の搬送波を再生できるという大きな効果がある。また、さらに同期タイムスロットを設定した場合、変形64QAMの搬送波再生時の位相精度を上げるという効果が得られる。

【0109】以上詳しく述べたように本発明の伝送装置を用いることにより、1つの電波帯域で複数のデータを階層構造で同時に伝送することができる。

【0110】この場合に、一つの送信機に対し異なる受信感度と復調能力をもつ3つの階層の受信機を設定することにより、受信機の投資に見合ったデータ量を復調できるという特長がある。まず小さなアンテナと低分解能であるが低コストの第1受信機を購入した人受信者は第1データ列を復調再生できる。次に、中型のアンテナと中分解能の高コストの第2受信機を購入した受信者は第1、第2データ列を再生できる。また、大型のアンテナと高分解能の、かなり高コストの第3受信機を購入した人は第1、第2、第3データ列の全て復調再生できる。

【0111】もし第1受信機を家庭用デジタル衛星放送受信機にすれば多数の一般消費者に受け入れられるような低い価格で受信機を実現できる。第2受信機は当初は大型のアンテナを必要とする上に高コストのため消費者全般には受け入れられるものではないがHDTVを視聴したい人々には多少高くても意味がある。第3受信機は衛星出力が増加するまでの間かなり大型の産業用アンテナが必要で家庭用には現実的でなく産業用途に当初は適している。例えば超高解像HDTV信号を送り、衛星により各地の映画館に伝送すれば、映画館をビデオにより電子化できる。このばあい映画館やビデオシアターの運営コストが安くなるという効果もある。

【0112】以上のように本発明をTV伝送に応用した場合、3つの画質の映像サービスを1つの電波の周波数帯域で提供でき、しかもお互いに両立するという大きな効果がある。実施例では4PSK、変形8QAM、変形16QAM、変形64QAMの例を示したが、32QAMや256QAMでも実現できる。又、8PSKや16PSK、32PSKでも実施できる。また実施例では衛星伝送の例を示したが地上伝送や有線伝送でも同様に実現できることはいふまでもない。

【0113】（実施例2）実施例2は実施例1で説明した物理階層構造をエラー訂正能力の差別化等により論理的にさらに分割し、論理的な階層構造を追加したものである。実施例1の場合それぞれの階層チャンネルは電気信号レベルつまり物理的な復調能力が異なる。これに対し実施例2ではエラー訂正能力等の論理的な再生能力が異なる。具体的には例えばD₁の階層チャンネルの中のデータを例えばD₁₋₁とD₁₋₂の2つに分割し、この分割データの1つ例えばD₁₋₁データのエラー訂正能力をD₁₋₂データより高め、エラー訂正能力を差別化することにより、復調再生時にD₁₋₁とD₁₋₂のデータのエラー後調

能力が異なるため、送信信号のC/N値を低くしていった場合、D₁₋₂が再生できない信号レベルにおいてもD₁₋₁は設定したエラーレート内に収まり原信号を再生できる。これは論理的な階層構造といえることができる。

【0114】つまり、変調階層チャンネルのデータを分割し、誤り訂正符号と積符号の使用等の誤り訂正の符号間距離の大きさを差別化することにより誤り訂正能力による論理的な階層構造が追加され、さらに細かい階層伝送が可能となる。

10 【0115】これを用いると、D₁チャンネルはD₁₋₁、D₁₋₂の2つのサブチャンネル、D₂チャンネルはD₂₋₁、D₂₋₂の2つのサブチャンネルに増える。

【0116】これを入力信号のC/N値と階層チャンネル番号の図87を用いて説明すると、階層チャンネルD₁₋₁は最も低い入力信号で再生できる。このC/N値をdとすると、C/N=dの時、D₁₋₁は再生されるがD₁₋₂、D₂₋₁、D₂₋₂は再生されない。次にC/N=C以上になるとD₁₋₂がさらに再生され、C/N=bの時D₂₋₁が加わり、C/N=aの時D₂₋₂が加わる。このようにC/Nが上がるにつれて、再生可能な階層の総数が増えていく。逆をいうとC/Nが下がるにつれて、再生可能な階層の総数が減っていく。これを図86の伝送距離と再生可能C/N値の図で説明する。一般的に図86実線861に示すように伝送距離が長くなるに従い、受信信号のC/N値は低下する。図85で説明したC/N=aとなる地点の送信アンテナからの距離をL_aとし、C/N=bではL_b、C/N=CではL_c、C/N=dではL_d、C/N=eではL_eとなるとする。送信アンテナよりL_dの距離より近い地域は図85で説明したようにD₁₋₁チャンネルのみが再生できる。このD₁₋₁の受信可能範囲を斜線の領域862で示す。図から明らかなようにD₁₋₁チャンネルは一番広い領域で再生できる。同様にD₁₋₂チャンネルは送信アンテナより距離L_c以内の領域863で再生できる。距離L_c以内の範囲では領域862も含まれるためD₁₋₁チャンネルも再生できる。同様に領域864ではD₂₋₁チャンネルが再生でき、領域865ではD₂₋₂チャンネルが再生可能となる。このようにして、C/N値の劣化に伴わない伝送チャンネルが段階的に減少する階層型伝送ができる。データ構造を分離して階層構造にし、本発明の階層伝送を用いることにより、アナログ伝送のようにC/Nの劣化に伴いデータ量が次第に減少する階層型の伝送が可能となるという効果がある。

40 【0117】次に、具体的な構成を述べる。ここでは物理階層2層、論理階層2層の実施例を述べる。図87は送信機1のブロック図である。基本的には実施例1で説明した図2の送信機のブロック図と同じなので詳しい説明は省略するが、エラー訂正符号エンコードが付加されている点が異なる。これをECCエンコードと略す。分離回路3は1-1、1-2、2-1、2-2の4つの出力をもち、入力信号をD₁₋₁、D₁₋₂、D₂₋₁、D₂₋₂の4つの信号に分離

して出力する。このうち、 D_{1-1} 、 D_{1-2} 信号は第1 ECCエンコーダ871aに入力され、各々、主ECCエンコーダ872aと副ECCエンコーダ873aに送られ、誤り訂正の符号化がなされる。

【0118】ここで主ECCエンコーダ872aは副ECCエンコーダ873aよりも強力なエラー訂正能力をもっている。このため、図85のC/N階層チャンネルのグラフで説明したように、復調再生時、 D_{1-1} チャンネルは D_{1-2} チャンネルより低いC/N値においても D_{1-1} は基準エラーレート以下で再生できる。 D_{1-1} は D_{1-2} よりC/Nの低下に強い論理的な階層構造となっている。誤り訂正された D_{1-1} 、 D_{1-2} 信号は合成器874aで D_1 信号に合成され、変調器4に入力される。一方、 D_{2-1} 、 D_{2-2} 信号は第2 ECCエンコーダ871bの中の各々主エンコーダ872bと副ECCエンコーダ873bにより誤り訂正符号化され合成器874bにより D_2 信号に合成され、変調器4により入力される。主ECCエンコーダ872bは副ECCエンコーダ873bよりエラー訂正能力が高い。この場合、変調器4は D_1 信号、 D_2 信号より階層型の変調信号を作り、送信部5より送信される。以上のように図87の送信機1はまず実施例1で説明した変調による D_1 、 D_2 の2層の物理階層構造をもっている。この説明は既に述べた。次に、エラー訂正能力の差別化により D_{1-1} と D_{1-2} 又は D_{2-1} 、 D_{2-2} の各々2層の論理的階層構造をもっている。

【0119】次にこの信号を受信する状態を説明する。図88は受信機のブロック図である。図87の送信機の送信信号を受信した第2受信機33の基本構成は、実施例1の図21で説明した第2受信機33とほぼ同じ構成である。ECCデコーダ876a、876bを追加した点が異なる。この場合、QAM変復調の例を示すが、ASKもしくはPSK、FSK変復調でもよい。

【0120】さて、図88において、受信された信号は復調器35により D_1 、 D_2 信号として再生され分離器3a、3bにより、各々 D_{1-1} と D_{1-2} 、 D_{2-1} 、 D_{2-2} の4つの信号がつくられ、第1 ECCデコーダ876aと第2 ECCデコーダ876bに入力される。第1 ECCデコーダ876aでは、 D_{1-1} 信号が主ECCデコーダ877aにより誤り訂正されて合成部37に送られる。一方、 D_{1-2} 信号は副ECCデコーダ878aにより誤り訂正され合成部37に送られる。同様に第2 ECCデコーダ876bにおいて D_{2-1} 信号は主ECCデコーダ877bにおいて、 D_{2-2} 信号は副ECCデコーダ878bにおいて誤り訂正され、合成部37に入力される。誤り訂正された D_{1-1} 、 D_{1-2} 、 D_{2-1} 、 D_{2-2} 信号は合成部37において1つの信号となり出力部36より出力される。

【0121】この場合、論理階層構造により D_{1-1} は D_{1-2} より、また D_{2-1} は D_{2-2} より誤り訂正能力が高いため図85で説明したように、入力信号のC/N値がより

低い状態においても所定の誤り率が得られ、原信号を再生できる。

【0122】具体的に主ECCデコーダ877a、877bと副ECCデコーダ878a、878bの間に誤り訂正能力の差別化を行う方法を述べる。副ECCデコーダにリードソロモン符号やBCH符号のような標準的な符号間距離の符号化方式を用いた場合、主ECCデコーダにリードソロモン符号とリードソロモン符号の両者の積符号や長符号化方式を用いた誤り訂正の符号間距離の大きい符号化方式を用いることにより誤り訂正能力に差をつけることができる。こうして論理的階層構造を実現できる。符号間距離を大きくする方法は様々な方法が知られているため他の方式に関しては省略する。本発明は基本的にはどの方式も適用できる。

【0123】ここで論理的な階層構造を図89のC/Nと誤り訂正後のエラーレートの関係図を用いて説明する。図89において、直線881は D_{1-1} チャンネルのC/Nとエラーレートの関係を示し、直線882は D_{1-2} チャンネルのC/Nと訂正後のエラーレートの関係を示す。

【0124】入力信号のC/N値が小さくなればなる程、訂正後のデータのエラーレートは大きくなる。一定のC/N値以下では誤り訂正後のエラーレートがシステム設計時の基準エラーレート E_{th} 以下に収まらず原データが正常に再生されない。さて、図89において徐々にC/Nを上げてゆくと D_{1-1} 信号の直線881が示すようにC/Nがe以下の場合 D_1 チャンネルの復調ができない。 $e \leq C/N < d$ の場合 D_1 チャンネルの復調はできるが、 D_{1-1} チャンネルのエラーレートは E_{th} を上回り、原データを正常に再生できない。

【0125】C/N=dの時、 D_{1-1} は誤り訂正能力が D_{1-2} より高いため、誤り訂正後のエラーレートは点885dに示すように E_{th} 以下になり、データを再生できる。一方、 D_{1-2} の誤り訂正能力は D_{1-1} ほど高くないため訂正後のエラーレートが D_{1-1} ほど低くないため訂正後のエラーレートが E_2 と E_{th} を上回るため再生できない。従ってこの場合 D_{1-1} のみが再生できる。

【0126】C/Nが向上してC/N=Cになった時、 D_{1-2} の誤り訂正後のエラーレートが点885cに示すように E_{th} に達するため、再生可能となる。この時点では D_{2-1} 、 D_{2-2} つまり D_2 チャンネルの復調は不確実な状況にある。C/Nの向上に伴い、C/N=b'において D_2 チャンネルが確実に復調できるようになる。

【0127】さらにC/Nが向上しC/N=bになった時点で、 D_{2-1} のエラーレートが点885bに示すように E_{th} まで減少し、 D_{2-1} が再生できるようになる。この時、 D_{2-2} のエラーレートは E_{th} より大きいため再生できない。C/N=aになって点885aに示すように D_{2-2} のエラーレートが E_{th} にまで減少し D_{2-2} チャンネルが再生できるようになる。

【0128】このようにして、誤り訂正能力の差別化を用いることにより物理階層D1、D2チャンネルをさらに2層の論理階層2分割し、計4層の階層伝送ができるという効果が得られる。

【0129】この場合、データ構造を高階層のデータが欠落しても原信号の一部が再生できるような階層構造にし、本発明の階層伝送と組み合わせることにより、アナログ伝送のようにC/Nの劣化に伴いデータ量が次第に減少する階層型伝送が可能となるという効果がある。特に、近年の画像圧縮技術は急速に進歩しているため、画像圧縮データを階層構造とし階層伝送と組み合わせした場合、同一地点間において、アナログ伝送よりはるかに高画質の映像を伝送すると同時に、アナログ伝送のように段階的に受信信号レベルに応じて画質を低くしながら広い地域で受信できる。このように従来のデジタル映像伝送にはなかった階層伝送の効果をデジタルによる高画質を保ちながら得ることができる。

【0130】（実施例3）以下本発明の第3の実施例について図面を参照しながら説明する。

【0131】図29は実施例3の全体図である。実施例3は本発明の伝送装置をデジタルTV放送システムに用いた例を示し、超高解像度の入力映像402は、第1画像エンコーダー401の入力部403に入力し、分離回路404により、第1データ列と第2データ列と第3データ列に分離され、圧縮回路405により圧縮され出力される。

【0132】他の入力映像406、407、408は各々第1画像エンコーダー401と同様の構成の第2画像エンコーダー409、410、411により圧縮され出力される。

【0133】これらの4組のデータのうち、第1データ列の4組の信号は、多重器412の第1多重器413によりTDM方式等の時間的に多重化されて、第1データ列として、送信機1に送られる。

【0134】第2データ列の信号群の全部もしくは1部は多重器414により多重化され、第2データ列として送信機1に送られる。また、第3データ列の信号群の全部もしくは1部は多重器415により多重化され、第3データ列として送信機1に送られる。

【0135】これらを受けて送信機1では3つのデータ列を変調器4により実施例1で述べた変調を行い、送信部5によりアンテナ6と伝送路7により、衛星10に送り中継器12により、第1受信機23等の3種の受信機に送られる。

【0136】第1受信機23では伝送路21により半径 r_1 の小径のアンテナ22で受けて、受信信号の中の第1データ列のみを第1データ列再生部232で再生し、第1画像デコーダー421によりNTSC信号もしくはワイドNTSC信号等の低解像度の映像出力425と426を再生し出力させる。

【0137】第2受信機33では、半径 r_2 の中径のアンテナ32で受けて、第1データ列再生部232と第2データ列再生部233により第1データ列と第2データ列を再生し、第2画像デコーダー422により、HDTV信号等の高解像度の映像出力427もしくは映像出力425、426を再生し出力させる。

【0138】第3受信機43では、半径 r_3 の大径のアンテナ33で受けて、第1データ列再生部232と第2データ列再生部233と第3データ列再生部234により、第1データ列と第2データ列と第3データ列を再生し、ビデオシアターや映画館用の超高解像度HDTV等の超高解像度の映像出力428を出力する。映像出力425、4266、427も出力できる。一般のデジタルTV放送は、デジタル送信機51から放送され、第1受信機23で受信した場合、NTSC等の低解像度の映像出力426として出力される。

【0139】では、次に図30の第1画像エンコーダー401のブロック図に基づき、構成を詳しく述べる。超高解像度の映像信号は入力部403に入力され、分離回路404に送られる。分離回路404ではサブバンドコーディング方式により4つの信号に分離する。QMF等の水平ローパスフィルタ451と水平ハイパスフィルタ452により、水平低域成分と水平高域成分に分離され、サブサンプリング部453、454により、各々の成分はサンプリングレートを半分にした後、水平低域成分は垂直ローパスフィルタ455と垂直ハイパスフィルタ456により、各々水平低域垂直低域信号、略してH_LV_L信号と水平低域垂直高域信号、略してH_LV_H信号に分離され、サブサンプリング部457と458により、サンプリングレートを落として圧縮部405に送られる。

【0140】水平高域成分は、垂直ローパスフィルタ459と垂直ハイパスフィルタ460により、水平高域垂直低域信号、略してH_HV_L信号と、水平高域垂直高域信号、略してH_HV_H信号に分離され、サブサンプリング部461、462によりサンプリングレートを下げて、圧縮部405に送られる。

【0141】圧縮部405ではH_LV_L信号を第1圧縮部471でDCT等の最適の圧縮を行い第1出力部472より第1データ列として出力する。

【0142】H_LV_H信号は第2圧縮部473で圧縮され第2出力部464に送られる。H_HV_L信号は第3圧縮部463により圧縮され第2出力部464へ送られる。H_HV_H信号は分離回路465により高解像度映像記号(H_HV_H1)と超高解像度映像信号(H_HV_H2)に分けられ、H_HV_H1は第2出力部464へ、H_HV_H2は第3出力部468へ送られる。

【0143】次に図31を用いて第1画像デコーダー421を説明する。第1画像デコーダー421は第1受信機23からの出力、第1データ列つまりD₁を入力部5

01に入力しデスクランブル部502によりスクランブルを解いた後伸長部503により、前述のH_LV_L信号に伸長した後画面比率変更回路504と出力部505により画面比率を変更してNTSC信号の画像506、NTSC信号でストライプ画面の画像507、ワイドTVのフル画面の画像508もしくは、ワイドTVのサイドパネル画面の画像509を出力する。この場合、ノンインタレースもしくはインタレースの2つの走査線のタイプが選べる。走査線もNTSCの場合525本と二重描画による1050本が得られる。また、デジタル送信機51からの4PSKの一般のデジタルTV放送を受信した場合は、第1受信機23と第1画像デコーダ421によりTV画像を復調、再生できる。次に図32の第2画像デコーダのブロック図を用いて第2画像デコーダを説明する。まず第2受信機33からのD₁信号は第1入力部521より入力し、第1伸長部522で伸長され、オーバーサンプリング部523により2倍のサンプリングレートになり垂直ローパスフィルタ524により、H_LV_L信号が再生される。D₂信号は第2入力部530より入力し、分離回路531により3つの信号に分離され、第2伸長部532と第3伸長部533と、第3伸長部534により各々伸長及び、デスクランブルされ、オーバーサンプリング部535、536、537により2倍のサンプリングレートとなり、垂直ハイパスフィルタ538、垂直ローパスフィルタ539、垂直ハイパスフィルタ540により送られる。H_LV_L信号とH_LV_H信号は加算器525で加算され、オーバーサンプリング部541と水平ローパスフィルタ542により水平低域映像信号となり、加算器543に送られる。H_HV_L信号とH_HV_H1信号は加算器526により加算され、オーバーサンプリング部544と水平ハイパスフィルタ545により水平高域映像信号になり加算器543によりHDTV等の高解像度映像信号HD信号となり出力部546からHDTV等の画像出力547が出力される。場合によりNTSC信号も出力される。

【0144】図33は第3画像デコーダのブロック図でD₁信号は第1入力部521からD₂信号は第2入力部530から入力し高域画像デコーダ527により前述の手順でHD信号が再生される。D₃信号は第3入力部551より入力し超高域部画像デコーダ552により伸長、デスクランブル、および合成されH_HV_H2信号が再生される。この信号はHD信号と合成器553で合成され超高解像度TV信号、S-HD信号となり出力部554より超高解像度映像信号555が出力される。

【0145】次に図29の説明で触れた多重器401の具体的な多重化方法について述べる。図34はデータ配列図であり、第1データ列、D₁と第2データ列、D₂と第3データ列D₃に6つのNTSCチャンネルL1、L2、L3、L4、L5、L6と6つのHDTVチャンネルM1～M6と6つのS-HDTVチャンネルH1～

H6をTの期間中に、時間軸上にどう配置するかを描いたものである。図34はまずTの期間にD₁信号にL1からL6をTDM方式等で時間多重により配置するものである。D₁のドメイン601に第1チャンネルのH_LV_L信号を送る。次にD₂信号のドメイン602には第1チャンネルに相当する時間領域に第1チャンネルのHDTVとNTSCとの差分情報M1つまり、前述のH_LV_H信号とH_HV_L信号とH_HV_H1信号を送る。またD₃信号のドメイン603には第1チャンネルのスーパーHDTV差分情報H1、すなわち図30で説明したH_HV_H-2H1を送る。

【0146】ここで第1チャンネルのTV局を選択した場合を説明する。まず小型アンテナと第1受信機23と第1画像デコーダ421のシステムをもつ一般の受信者は図31のNTSCもしくはワイドNTSCのTV信号が得られる。次に中型アンテナと第2受信機33と第2画像エンコーダ422をもつ特定の受信者はチャンネル1を選択した場合第1データ列、D₁のドメイン601と第2データ列、D₂のドメイン602の信号を合成してチャンネル1のNTSC番組と同じ番組内容のHDTV信号を得る。

【0147】大型アンテナと多値復調できる第3受信機43と第3画像デコーダ423をもつ映画館等の一部の受信者はD₁のドメイン601とD₂のドメイン602とD₃のドメイン603の信号を合成し、チャンネル1のNTSCと同じ番組内容で映画館用の画質の超解像度HDTV信号を得る。2から3までの他のチャンネルも同様に再生される。

【0148】図35は別のドメインの構成である。まずNTSCの第1チャンネルはL1に配置されている。このL1はD₁信号の第1タイムドメインのドメイン601の位置にあり、先頭部にNTSC間のデスクランブル情報と実施例1で説明した復調情報を含む情報S11が入っている。次にHDTVの第1チャンネルはL1とM1に分割されて入っている。M1はHDTVとNTSCとの差分情報であり、D₂のドメイン602とドメイン611の両方に入っている。この場合6MbpsのNTSC圧縮信号を採用しL1に収容すると、M1の帯域は2倍の12Mbpsになる。L1とM1とを合わせると18Mbpsの帯域が第2受信機33と第2画像デコーダ423から復調再生可能である。一方、現在提案されている圧縮方法を用い約15Mbpsの帯域でHDTV圧縮信号を実現することができる。従って図35の配置でチャンネル1でHDTVとNTSCを同時に放送できる。この場合チャンネル2ではHDTVの再生はできない。S21はHDTVのデスクランブル情報である。また、スーパーHDTV信号はL1とM1とH1に分割して放送される。スーパーHDTVの差分情報はD₃のドメイン603、612、613を用い、NTSCを6Mbpsに設定した場合、合計36Mbps送れ、圧縮を

高くすれば映画館用画質の走査線約2000本のスーパーHDTV信号も伝送できる。

【0149】図36の配置図はD₃で6つのタイムドメインを占有させスーパーHDTV信号を伝送した場合を示す。NTSC圧縮信号を6Mbpsに設定した場合9倍の54Mbpsが伝送できる。このためより高画質のスーパーHDTVを伝送できる。

【0150】以上は、送信信号の電波の水平もしくは垂直の偏波面の片方を利用する場合である。ここで水平と垂直の2つの偏波面を使うことにより、周波数利用効率

は2倍となる。以下に説明をする。
【0151】図49は第1データ列の水平偏波信号D_{V1}と垂直偏波信号D_{H1}及び第2データ列の同じくD_{V2}とD_{H2}、第3データ列のD_{V3}とD_{H3}の信号配置図を示す。この場合、第1データ列の垂直偏波信号D_{V1}にNTSC等の低域TV信号が入っており第1データ列の水平偏波信号D_{H1}に高域TV信号が入っている。従って、垂直偏波アンテナしかもっていない第1受信機23は、NTSC等の低域信号を再生できる。一方、垂直、水平の両方向の偏波アンテナをもつ第1受信機23は、例えば、L₁とM₁信号を合成しHDTV信号を得ることができる。つまり、第1受信機23を用いた場合、アンテナの能力により、一方ではNTSCが、他方ではNTSCとHDTVが再生できるため2方式が両立するという大きな効果がある。

【0152】図50はTDMA方式にした場合で、各データバースト721の先頭部に同期部731とカード部741が設けられている。又、フレームの先頭部には同期情報部720が設けられている。この場合は、各タイムスロット群が、各々1つのチャンネルが割りあてられている。例えば、第1タイムスロット750で第1チャンネルの全く同じ番組のNTSC、HDTV、スーパーHDTVを送ることができる。各々のタイムスロット750～750eが完全に独立している。従って特定の放送局が特定のタイムスロットを用いてTDMA方式で放送する場合、他局と独立してNTSC、HDTV、スーパーHDTVの放送ができるという効果がある。又、受信側も水平偏波アンテナで第1受信機23をもつ構成の場合NTSC-TV信号を両偏波アンテナなら、HDTVを再生できる。第2受信機33にすると低解像度のスーパーHDTVを再生できる。第3受信機43にするとスーパーHDTV信号を完全に再生できる。以上のように両立性のある放送システムを構築出来る。この場合、図50のような配置で、バースト状のTDMA方式でなく、図49のような連続信号の時間多重も可能である。また図51に示すような信号配置にすればより高解度のHDTV信号を再生できる。

【0153】以上述べたように実施例3により超高解像度型HDTV、HDTVとNTSC-TVの3つの信号の両立性のあるデジタルTV放送が可能になるという顕

著な効果がある。とくに映画館等に伝送した場合、映像を電子化することができるという新たな効果がある。

【0154】ここで、本発明による変形QAMをSRQAMと呼び、具体的なエラーレートについて述べる。

【0155】まず、16SRQAMのエラーレートを計算する。図99は16SRQAMの信号点のベクトル図である。第1象限において、16QAMの場合、信号点83a、83b、84a、85、83a等の各16ヶの信号点の間隔は等間隔であり、全て2δである。

【0156】16QAMの信号点83aは座標軸のI軸、Q軸よりδの距離にある。ここで16SRQAMにする場合、nをシフト値と定義すると、信号点83aはシフトして、座標軸からの距離をnδの位置の信号点83へ移動させる。この場合nは

0 < n < 3
である。また他の信号点84a、86aもシフトして信号点84、86の位置に移動する。第1データ列の誤り率をPe1とすると

【0157】

【数1】

$$Pe1-16 = \frac{1}{4} \operatorname{erfc} \left(\frac{n\delta}{\sqrt{2\sigma}} \right) + \frac{1}{4} \operatorname{erfc} \left(\frac{3\delta}{\sqrt{2\sigma}} \right) \\ = \frac{1}{8} \operatorname{erfc} \left(\frac{n\sqrt{\rho}}{\sqrt{9+n^2}} \right)$$

【0158】第2データ列の誤り率をPe2とすると

【0159】

【数2】

$$Pe2-16 = \frac{1}{2} \operatorname{erfc} \left(\frac{\frac{3-n}{2}\delta}{\sqrt{2\sigma}} \right) \\ = \frac{1}{4} \operatorname{erfc} \left(\frac{\frac{3-n}{2}\delta}{2\sqrt{9+n^2}} \sqrt{\rho} \right)$$

【0160】となる。次に36SRQAMもしくは32SRQAMのエラーレートを計算する。図100は36SRQAMの信号ベクトル図である。第1象限において36QAMの信号点間距離は2δであると定義する。

【0161】36QAMの信号点83aは座標軸よりδの距離にある。この信号点83aは36SRQAMになると信号点83の位置にシフトし、座標軸よりnδの距離となる。各々の信号点はシフトして信号点83、84、85、86、97、98、99、100、101となる。9ヶの信号点からなる信号点群90を一つの信号点とみなして、変形4PSK受信機で受信し、第1データ列D₁のみ一再生した場合の誤り率をPe1とし、信号点群90の中の9個の信号点を各々弁別し、第2データ列D₂を再生した場合の誤り率をPe2とすると

【0162】

【数3】

$$\begin{aligned}
 Pe_{1-32} &= \frac{1}{6} \operatorname{erfc} \left(\frac{n\delta}{\sqrt{2\sigma}} \right) \\
 &= \frac{1}{6} \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{6\rho}{5}} \times \frac{n}{\sqrt{n^2+2n+25}} \right) \\
 Pe_{2-32} &= \frac{2}{3} \operatorname{erfc} \left(\frac{5-n}{4\sqrt{22}} \frac{\delta}{\rho} \right) \\
 &= \frac{2}{3} \operatorname{erfc} \left(\sqrt{\frac{3\rho}{40}} \times \frac{5-n}{\sqrt{n^2+2n+25}} \right)
 \end{aligned}$$

【0163】となる。この場合、図101のC/N～エラーレート図はエラーレートPeと伝送系のC/Nとの関係を計算した一例を示す。曲線900は比較のため従来方式の32QAMのエラーレートを示す。直線905はエラーレートが10の-1.5乗の直線を示す。本発明のSRQAMのシフト量nを1.5とした場合の第1階層D1のエラーレートは曲線901aとなり、エラーレートが10^{-1.5}において曲線900の32QAMに対してC/N値が5dB下がってもD1は同等のエラーレートで再生できるという効果がある。

【0164】次にn=1.5の場合の第2階層D2のエラーレートは曲線902aで示される。エラーレートが10^{-1.5}において、曲線900に示す32QAMに比べてC/Nを2.5dB上げないと同等のエラーレートで再生できない。曲線901b、曲線902bはn=2.0の場合のD1、D2を示す。曲線902cはD2を示す。これをまとめると、エラーレートが10の-1.5乗の値において22n=1.5、2.0、2.5の時、32QAMに比べて各々D1は5、8、10dB改善され、D2は2.5dB劣化する。

【0165】32SRQAMの場合にシフト量nを変化させた場合に所定のエラーレートを得るのに必要な第1データ列D1と第2データ列D2のC/N値を図103のシフト量nとC/Nの関係図で示す。図103をみると明かなように、nが0.8以上であれば、階層伝送つまり第1データ列D1と第2データ列D2の伝送に必要なC/N値の差が生まれ、本発明の効果が生じることがわかる。従って、32SRQAMの場合n>0.85の条件下で効果がある。16SRQAMの場合のエラーレートは図102のC/Nとエラーレートの関係図のようになる。図102において曲線900は16QAMのエラーレートを示す。曲線901a、901b、901cは各々第1データ列D1のn=1.2、1.5、1.8の場合のエラーレートを示す。曲線902a、902b、902cは各々第2データ列D2のn=1.2、1.

5、1.8の場合のエラーレートを示す。

【0166】図104のシフト量nとC/Nの関係図は16SRQAMの場合にシフト量nを変化させた場合に特定のエラーレートを得るのに必要な第1データ列D1と第2データ列D2のC/Nの値を示したものである。図104から明かなように16SRQAMの場合n>0.9であれば本発明の階層伝送が可能となることがわかる。以上からn>0.9なら階層伝送が成立する。

【0167】ここで具体的にデジタルTVの地上放送に本発明のSRQAMを適用した場合の一例を示す。図105は地上放送時の送信アンテナと受信アンテナとの距離と、信号レベルとの関係図を示す。曲線911は送信アンテナの高さが1250ftの場合の受信アンテナの信号レベルを示す。まず、現在検討が進められているデジタルTV放送方式において要求される伝送系の要求エラーレートを10の-1.5乗と仮定する。領域912はノイズレベルを示し、点910はC/N=15dBになる地点で従来方式の32QAM方式の受信限界点を示す。このL=60mileの地点においてデジタルのHDTV放送が受信できる。

【0168】しかし、天候等の受信条件の悪化により時間的にC/Nは5dBの巾で変動する。C/N位が閾値に近い受信状況においてC/Nが低下すると急激にHDTVの受信が不能となる問題を持っている。また地形や建築物の影響により、少なくとも10dB程度の変動が見込まれ、60mileの半径内の全ての地点で受信できる訳でない。この場合、アナログと違いデジタルの場合完全に映像が伝送できない。従って従来のデジタルTV放送方式のサービスエリアは不確実なものであった。

【0169】一方、本発明の32SRQAMの場合、前述のように図133、図137の構成により3層の階層となる。第1-1階層D1-1でMPEGレベルの低解像度NTSC信号を送り、第1-2階層D1-2でNTSC等の中解像度TV成分を送り、第2階層D2でHDTVの高域成分を送ることができる。例えば図105において第1-2階層のサービスエリアは点910aのように70mile地点まで拡大し、第2階層は910bのように、55mile地点まで後退する。図106の32SRQAMのサービスエリア図はこの場合のサービスエリアの面積の違いを示す。図106はコンピュータシミュレーションを行い、図53のサービスエリア図をより具体的に計算したものである。図106において領域708、703c、703a、703b、712は各々従来方式の32QAMのサービスエリア、第1-1階層D1-1のサービスエリア、第1-2階層D1-2のサービスエリア、第2階層D2のサービスエリア、隣接アナログ局のサービスエリアを示す。このうち、従来方式の32QAMのサービスエリアのデータは従来開示されているデータを用いている。

【0170】従来方式の32QAMの放送方式では名目

上60マイルのサービスエリアを設定できる。しかし、実際は天候や地形の条件変化により受信限界地近傍においてきわめて受信状態が不安定であった。

【0171】しかし、本発明の36SRQAMを用い、第1-1階層D₁₋₁でMPEG1グレードの低域TV成分を第1-2階層D₁₋₂でNTSCグレードの中域TV成分を送信し、第2階層D₂でHDTVの高域TV成分を送信することにより、図106のように高解像度グレードのHDTVのサービスエリアの半径が5マイル縮小するものの、中解像度グレードのEDTVのサービスエリアの半径が10マイル以上拡大し、低解像度のLDTVのサービスエリアは18マイル拡大するという効果が生まれる。図107はシフトファクター n もしくは $s=1.8$ の場合のサービスエリアを示し、図135は図107のサービスエリアを面積で示したものです。

【0172】このことにより、一番目に従来方式では、受信条件が悪い地域において存在した受信不能地域においても本発明のSRQAM方式を適用することにより、少なくとも設定したサービスエリア内においては殆んど20の受信機で中解像度もしくは低解像度グレードでTV放送を受信できるような送信が可能となる。従って通常のQAMでは発生するビルカゲや低地の受信不能領域と隣接アナログ局からの妨害を受けるような地域において本発明を用いることによりこの受信不能地域が大巾に減少し、これに伴い実質的な受信者数を増大できる。

【0173】二番目に従来のデジタルTV放送方式では高価なHDTV受信機と受像機をもつ受信者しか放送を受信できなかったため、サービスエリア内においても一部の受信者しか視聴できなかった。しかし本発明では従来のNTSCやPALやSECAM方式の従来型のTV受像機を持っている受信者もデジタル受信機のみを増設することにより、デジタルHDTV放送の番組をNTSCグレードもしくはLDTVグレードではあるが受信可能になるという効果がある。このため受信者はより少ない経済的負担で番組が視聴できる。同時に総受信者数が増えるためTV送信者側はより多くの視聴者を得られるためTV事業としての経営がより安定するという社会的効果が生まれる。

【0174】三番目に中低解像度グレードの受信地域の面積は $n=2.5$ の場合、36%従来方式に比して拡大する。拡大に応じて受信者が増える。サービスエリアの拡大と受信者数の増加によりその分TV事業者の事業収入が増大する。このことによりデジタル放送の事業リスクが減りデジタルTV放送の普及が早まることが期待できる。

【0175】さて、図107の32SRQAMのサービスエリア図にみるように、 n もしくは $s=1.8$ の場合も同様の効果が得られる。シフト値 n を変更することにより、各々の放送局がHDTV受像機とNTSC TV受像機の分布状況等の地域特有の条件や事情に応じて n

を変更し、SRQAMのD₁とD₂のサービスエリア703aと703bを最適な条件に設定することにより、受信者は最大の満足度を放送局は最大の受信者数を得ることができる。

【0176】この場合

$n > 1.0$

の時、以上のような効果が得られる。従って、32SRQAMの場合 n は

$1 < n < 5$

となる。同様にして16SRQAMの場合 n は

$1 < n < 3$

となる。

【0177】この場合図99、図100のようにシフトさせて第1と第2階層を得るSRQAM方式において、16SRQAM、32SRQAM、64SRQAMにおいて n が1.0以上であれば、地上放送において本発明の効果が得られる。実施例では映像信号を送信した場合を説明したが音声信号を高域部もしくは高分解能部と低域部もしくは低分解能部にわけ、それぞれ第2データ列、第1データ列として本発明の伝送方式を用いて伝送すると、同様の効果が得られる。PCM放送、ラジオ、携帯電話に用いるとサービスエリアが広がるという効果がある。

【0178】また、実施例3では図133に示すように時間分割多重(TDM)方式と組み合わせてTDMによるサブチャンネルを設け、ECC Encoder 743aとECC Encoder 743bに示すように2つのサブチャンネルのエラー訂正のコードゲインを差別化することにより、各サブチャンネルの閾値に差をつけ階層型伝送のサブチャンネルを増やすことができる。この場合、図137に示すように2つのサブチャンネルのTrellis EncoderのCode gainsを変えてもよい。詳しい説明は後述する実施例6の図131の説明と同じであるため省略する。図106のシミュレーションにおいては第1-1サブチャンネルD₁₋₁と第1-2サブチャンネルD₁₋₂と間に5dBのCoding Gainの差をつけた場合を示している。SRQAMは“C-CDM”とよばれる本発明の信号点符号分割多重方式(Constellation-Code Division Multiplex)をrectangle-QAMに応用したものである。C-CDMはTDMやFDMと独立した多重化方式である。コードに対応した信号点コードを分割することにより、サブチャンネルを得る方式である。この信号点の数を増やすことによりTDMやFDMにはない伝送容量の拡張性が得られる。このことは従来機器とほぼ完全な互換性を保ちながら実現する。このようにC-CDMは優れた効果をもつ。

【0179】さて、C-CDMとTDMを組み合わせた実施例を用いたが周波数分割多重方式(FDM)と組み合わせても、同様の閾値の緩和効果が生まれる。例えば、TV放送に用いた場合、図108のTV信号の周波

数分布図に示ようになる。従来のアナログ放送例えばNTSC方式の信号はスペクトラム725のような周波数分布をしている。一番大きな信号は映像のキャリア722である。カラーのキャリア723や音声のキャリア724はそれほど大きくない。お互いの干渉を避けるため、デジタル放送の信号をFDMにより2つの周波数に分ける方法がある。この場合、図に示すように映像のキャリア722を避けるように第1キャリア726と第2キャリア727に分割し各々第1信号720と第2信号721を送ることにより干渉は軽減できる。第1信号720により低解像度TV信号を大きな出力で送信し、第2信号721により高解像度信号を小さな出力で送信することにより、妨害を避けながらFDMによる階層型放送が実現する。

【0180】ここで図134に従来の方式32QAMを用いた場合の図を示す。サブチャンネルAの方が出力が大きいと、閾値はThreshold1はサブチャンネルBの閾値Threshold2に比べて4~5dB小さくて良い。従って4~5dB閾値の差をもつ2層の階層型放送が実現する。しかし、この場合、受信信号のレベルがThreshold2以下になると情報量の大半を占める第2信号721aの斜線で示す信号の全部が全く受信できなくなり、情報量の少ない第1信号720aしか受信できなくなり、第2階層では画質の著しく悪い画像しか受信できない。

【0181】しかし、本発明を用いた場合、図108に示すようにまず第1信号720にC-CDMにより得られる32SRQAMを用いてサブチャンネル1 of Aを追加する。この閾値の低いサブチャンネル1 of Aにさらに低解像度の成分をのせる。第2信号721を32SRQAMとし、サブチャンネル1 of Bの閾値を第1信号の閾値Threshold2に合わせる。すると信号レベルがThreshold-2に下がっても受信できなくなる。領域は斜線で示す第2信号部721aのみとなり、サブチャンネル1 of BとサブチャンネルAが受信できるため伝送量はあまり減らない。従って第2階層においても画質の良い画像がTh-2の信号レベルにおいても受信できるという効果がある。

【0182】一方のサブチャンネルに普通解像度の成分を伝送することにより、さらに階層の数が増え、低解像度のサービスエリアが広がるという効果も生まれる。この閾値の低いサブチャンネルに音声情報又は同期情報、各データのヘッダー等の重要な情報を入れることにより、この重要な情報は確実に受信できるため安定した受信が可能となる。第2信号721に、同様の手法を用いると、サービスエリアの階層が増える。HDTVの走査線が1050本の場合、525本に加えて、C-CDMにより775本のサービスエリアが加わる。

【0183】このようにして、FDMとC-CDMを組み合わせるとサービスエリアが拡大するという効果が生まれる。この場合FDMにより2つのサブチャンネルを

設けたが3つの周波数に分割し、3つのサブチャンネルを設けてもよい。

【0184】次にTDMとC-CDMを組み合わせる妨害を避ける方法を述べる。図109に示すようにアナログTV信号には水平帰線部732と映像信号部731がある。水平帰線部732の信号レベルが低いことと、この期間中は妨害を受けても画面に出力されないことを利用する。デジタルTV信号の同期をアナログTV信号と合わせ、水平帰線部732の期間の水平帰線同期スロット733、733aに重要なデータ、例えば同期信号等を送るか高い出力で多くのデータを送ることができる。このことにより、妨害を増やさずにデータ量を増やしたり出力を上げられるという効果がある。なお垂直帰線部735、735aの期間に同期させて垂直帰線同期スロット737、737aを設けても同様の効果が得られる。

【0185】図110はC-CDMの原理図である。

又、図111は16QAMの拡張版のC-CDMのコード割り当て図を示し、図112は32QAM拡張版のコード割り当て図を示す。図110、111に示すように256QAMは第1、2、3、4層740a、740b、740c、740dの4つの層に分けられ、各々4、16、64、256ケのセグメントを持つ。第4層740dの256QAMの信号点コードワード742dは8bitの“11111111”である。これを2bitずつ4つのコードワード741a、741b、741c、741dに分割し、各第1、2、3、4層740a、740b、740c、740dの信号点領域742a、742b、742c、742dに各々“11”、“11”、“11”、“11”を割り当てる。かくして、2bitずつのサブチャンネルすなわち、サブチャンネル1、サブチャンネル2、サブチャンネル3、サブチャンネル4ができる。これを信号点符号分割多重方式という。図111は16QAMの拡張版の具体的な符号配置を示し、図112は36QAMの拡張版を示す。C-CDM多重化方式は独立したものである。従って従来の周波数分割多重方式(FDM)や時間分割多重方式(TDM)と組み合わせることにより、更にサブチャンネルが増やせるという効果がある。こうしてC-CDM方式により新しい多重化方式を実現できる。Rectangle-QAMを用いてC-CDMを説明したが、信号点をもつ他の変調方式例えば他の形のQAMやPSK、ASK、そして周波数領域を信号点とみなし、FSKも同様に多重化できる。

【0186】例えば前述の8PS-APSKのサブチャンネル1のエラーレートは

【0187】

【数4】

$$Pe_{1-8} = \frac{1}{4} \operatorname{erfc}\left(\frac{\delta}{\sqrt{2}\sigma}\right) + \frac{1}{4} \operatorname{erfc}\left(\frac{(S_1+1)\delta}{\sqrt{2}\sigma}\right)$$

【0188】サブチャンネル2の Pe_{2-8} は
【0189】

【数5】

$$Pe_{2-8} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{S_1\delta}{2\sigma}\right)$$

$$Pe_{1-16} = \frac{1}{8} \operatorname{erfc}\left(\frac{\delta}{\sqrt{2}\sigma}\right) + \frac{1}{8} \operatorname{erfc}\left(\frac{(S_2+1)\delta}{\sqrt{2}\sigma}\right) + \frac{1}{8} \operatorname{erfc}\left(\frac{(S_1+1)\delta}{\sqrt{2}\sigma}\right) + \frac{1}{8} \operatorname{erfc}\left(\frac{(S_1+S_2+1)\delta}{\sqrt{2}\sigma}\right)$$

【0192】サブチャンネル2のエラーレートは
【0193】

※【数7】

$$Pe_{2-16} = \frac{1}{4} \operatorname{erfc}\left(\frac{S_1\delta}{2\sigma}\right) + \frac{1}{8} \operatorname{erfc}\left(\frac{(S_1-S_2)\delta}{2\sigma}\right) + \frac{1}{8} \operatorname{erfc}\left(\frac{(S_1+S_2)\delta}{2\sigma}\right)$$

【0194】サブチャンネル3のエラーレートは
【0195】
【数8】

$$Pe_{3-10} = \frac{1}{2} \operatorname{erfc}\left(\frac{S_2\delta}{2\sigma}\right)$$

【0196】で現せる。

(実施例4) 以下本発明の第4の一実施例について図面を参照しながら説明する。

【0197】図37は実施例4の全体のシステム図である。実施例4は実施例3で説明した伝送装置を地上放送に用いたもので、ほぼ同じ構成、動作である。実施例3で説明した図29との違いは、送信用のアンテナ6aが地上伝送用アンテナになっている点と各受信機の各々のアンテナ21a, 31a, 41aが地上伝送用アンテナになっている点のみである。その他の動作はまったく同じであるため重複する説明を省略する。衛星放送と違い、地上放送の場合は送信アンテナ6aと受信機との距離が重要となる。遠距離にある受信機は到達電波が弱くなり、従来の送信機で単に多値QAM変調した信号では全く復調できず番組を視聴することはできない。

【0198】しかし本発明の伝送装置を用いた場合、図37のように遠距離にアンテナ22aがある第1受信機23は変形64QMA変調信号もしくは変形16QAM変調信号を受信して4PSKモードで復調し第1データ列のD1信号を再生するのでNTSCのTV信号が得られる。従って電波が弱くても中解像度でTV番組を視聴できる。

【0199】次に中距離にアンテナ32aがある第2受信機33では到達電波が充分強い変形16または64QAM信号から第2データ列と第1データ列を復調できHDTV信号が得られる。従って同じTV番組をHDTVで視聴できる。

*【0190】16-PS-APSK(PS型)のサブチャンネル1のエラーレートは

【0191】

【数6】

【0200】一方、近距離にあるか超高感度のアンテナ42aをもつ第3受信機43は電波が変形64QAM信号の復調に充分な強度であるため第1、2、3、データ列D1, D2, D3を復調し超高解像度HDTV信号が得られる。同じTV番組を大型映画と同じ画質のスーパーHDTVで視聴できる。

【0201】この場合の周波数の配置方法は図34、図35、図36の図を用いて時間多重配置を周波数配置に読み代えることにより説明できる。図34のように1から6チャンネルまで周波数がわり割られている場合D1信号にNTSCのL1を第1チャンネルに、D2信号の第1チャンネルのM1にHDTVの差分情報を、D3信号の第1チャンネルのH1に超高解像度HDTVの差分情報を配置することによりNTSCとHDTVと超解像度HDTVを同一のチャンネルで送信することができる。また図35、図36のように他のチャンネルのD2信号やD3信号を使用することが許可されれば、より高画質のHDTVや超高解像度HDTVが放送できる。

【0202】以上のように互いに両立性のある3つのデジタルTV地上放送を1つのチャンネルもしくは他のチャンネルのD2, D3信号領域を使用して放送できるという効果がある。本発明の場合、同じチャンネルで同じ内容のTV番組を中解像度であれば、より広範囲の地域で受信できるという効果がある。

【0203】デジタル地上放送として16QAMを用いた6MHzの帯域のHDTV放送等が提案されている。しかしこれらの方式はNTSCとの両立性がないため同じ番組をNTSCの別チャンネルで送信するサイマルキャスト方式の採用が前提となっている。また16QAMの場合、伝送できるサービスエリアが狭くなることが予想されている。本発明を地上放送に用いることにより別にチャンネルを設ける必要がなくなるだけでなく、遠距離の受信機でも中解像度で番組を視聴できるため放送サ

ービスエリアが広いという効果がある。

【0204】図52は従来提案されている方式のHDTVのデジタル地上放送時の受信妨害領域図を示すもので、従来提案されている方式を用いたHDTVのデジタル放送局701からHDTVの受信できる受信可能領域702と隣接するアナログ放送局711の受信可能領域712を示している。両者の重複する重複部713においてはアナログ放送局711の電波妨害により、少なくともHDTVを安定して受信することができなくなる。

【0205】次に図53は本発明による階層型の放送方式を用いた場合の受信妨害領域図を示す。本発明は従来方式と同一の送信電力の場合、電力利用効率が低いので、HDTVの高解像度受信可能領域703は上述の従来方式の受信可能領域702より若干狭くなる。しかし、従来方式の受信可能領域702より広い範囲のデジタルNTSC等の低解像度受信可能領域704が存在する。以上の2つの領域から構成される。この場合のデジタル放送局701からアナログ放送局711への電波妨害は図52で示した従来方式と同レベルである。

【0206】この場合、本発明ではアナログ放送局711からのデジタル放送局701への妨害は3つの領域が存在する。1つはHDTVもNTSCも受信できない第1妨害領域705である。第2は妨害を受けるもののNTSCを妨害前と同様に受信できる第2妨害領域706で一重斜線で示す。ここではNTSCはC/Nが低くても受信可能な第1データ列を使用しているためアナログ局711の電波妨害によりC/Nが低下しても妨害の影響範囲は狭い。

【0207】第3は妨害前はHDTVが受信できていたが妨害後はNTSCのみ受信できる第3妨害領域707で2重斜線で示す。

【0208】以上のようにして従来方式より妨害前のHDTVの受信領域は若干狭くなるが、NTSCを含めた受信範囲は広がる。さらにアナログ放送局711からの妨害により従来方式ではHDTVが妨害により受信できなかった領域においてもHDTVと同一の番組をNTSCで受信可能となる。こうして番組の受信不能領域が大巾に削減するという効果がある。この場合、放送局の送信電力を若干増やすことにより、HDTVの受信可能領域は従来方式と同等になる。さらに従来方式では全く番組を視聴できなかった遠方地域や、アナログ局との重複地域において、NTSCTVの品位で番組が受信できる。

【0209】また2階層の伝送方式を用いた例を示したが、図78の時間配置図のように3階層の伝送方式を用いることもできる。HDTVをHDTV、NTSC、低解像度NTSCの3つのレベルの画像に分離し、送信することにより、図53の受信可能領域は2層から3層に広がり最外層は広い領域となるとともに2階層伝送では全く受信不可能であった第1妨害領域705では低解像

度NTSCTVの品位で番組が受信可能となる。以上はデジタル放送局がアナログ放送に妨害を与える例を示した。

【0210】次にデジタル放送がアナログ放送に妨害を与えないという規制条件のもとにおける実施例を示す。現在米国等で検討されている空きチャンネルを利用する方式は、隣接して同じチャンネルを使用する。このため後から放送するデジタル放送は既存のアナログ放送に妨害を与えてはならない。従ってデジタル放送の送信レベルを図53の条件で送信する場合より下げる必要がある。この場合、従来方式の16QAMや4ASK変調の場合、図54の妨害状態図に示すように二重斜線で示した受信不能領域713が大きいためHDTVの受信可能領域708は大巾に小さくなってしまふ。サービスエリアが狭くなり、その分受信者が減るためスポンサーが減る。従って従来方式では放送事業が経済的に成立しにくいことが予想されている。

【0211】次に図55に本発明の放送方式を用いた場合を示す。HDTVの高解像度受信可能領域703は、従来方式の受信可能領域708より若干狭くなる。しかし、従来方式より広い範囲のNTSC等の低解像度受信可能領域704が得られる。一重斜線で示す部分は、同一番組をHDTVレベルでは受信できないが、NTSCレベルで受信できる領域を示す。このうち第1妨害領域705においてアナログ放送局711からの妨害を受け、HDTVも、NTSCも両方受信できない。

【0212】以上のように同じ電波強度の場合、本発明の階層型放送ではHDTV品位の受信可能地域は若干狭くなる一方で、同一番組をNTSCTVの品位で受信できる地域が増える。このため放送局のサービスエリアが増えるという効果がある。より多くの受信者に番組を提供できる効果がある。HDTV/NTSCTVの放送事業を、より経済的に安定して成立させることができる。将来デジタル放送受信機の比率が増えた段階ではアナログ放送への妨害規則は緩和されるため電波強度を強くすることができる。この時点でHDTVのサービスエリアを大きくすることができる。この場合、第1データ列と第2データ列の信号点の間隔を調整することにより図55で示したデジタルHDTV/NTSCの受信可能地域とデジタルNTSCの受信可能地域を調整することができる。この場合、前述のように第1データ列に、この間隔の情報を送信することにより、より安定して受信ができる。

【0213】図56は、将来デジタル放送に切り替えた場合の妨害状況図を示す。この場合、図52と違い隣接局はデジタル放送を行うデジタル放送局701aとなる。送信電力を増やすことができるため、HDTV等の高解像度受信可能領域703はアナログTV放送と同等の受信可能領域702まで拡大できる。

【0214】そして両方の受信可能領域の競合領域71

4では互いに妨害を受けるため通常の指向性のアンテナでは番組をHDTVの品位では再生できないが、受信アンテナの指向性の方向にあるデジタル放送局の番組をNTSC TVの品位で受信できる。また非常に高い指向性のアンテナを用いた場合アンテナの指向性方向にある放送局の番組をHDTVの品位で受信できる。低解像度受信可能領域704は、アナログTV放送の標準の受信可能領域702より広くなり、隣接の放送局の低解像度受信可能領域704aの競合領域715、716ではアンテナの指向性の方向にある放送局の番組がNTSC TVの品位で再生できる。

【0215】さて、かなり将来のデジタル放送の本格普及時期においては規制条件がさらに緩和され、本発明の階層型放送により広いサービスエリアのHDTV放送が可能となる。この時点においても、本発明の階層型放送方式を採用することにより従来方式と同程及の広い範囲のHDTV受信範囲を確保するとともに従来方式では受信不可能であった遠方地域や競合地域においてもNTSC TVの品位で番組が受信できるため、サービスエリアの欠損部が大巾に減少するという効果がある。

【0216】（実施例5）実施例5は本発明を振巾変調つまりASK方式に用いた場合の実施例である図57は実施例5の4値のASK信号信号点配置図を示し、4つの信号点721、722、723、724をもつ。4値の場合2bitのデータを1周期で送ることができる。信号点721、722、723、724を例えば00、01、10、11に対応させることができる。

【0217】本発明による階層型伝送を行うために、図58に示すように、信号点721、722を1つのグループつまり第1の信号点群725として扱い、信号点723、724を別のグループ、第2の信号点群726と定義する。そして2つの信号点群の間の間隔を等間隔の信号点の間隔より広くする。つまり信号点721、722の間隔をLとすると信号点723、724の間隔は同じLで良いが、信号点722と信号点723の間隔L₀はLより大きく設定する。

【0218】つまり $L_0 > L$ と設定する。これが本発明の階層型伝送システムの特徴である。ただしシステムの設計によっては条件や設定により一時的もしくは恒久的に $L = L_0$ になっても良い。

【0219】そして図59(a)のように2つの信号点群に第1データ列D₁の1bitのデータを対応させることができる。例えば第1の信号点群725を0、第2の信号点群726を1と定義すれば、第1データ列の1bitの信号が定義できる。次に第2データ列D₂の1bitの信号を各信号群の中の2つの信号点群に対応させる。例えば、図59(b)のように信号点721、723をD₂=0とし、信号点722、724をD₂=1とすれば第2データ列D₂のデータを定義できる。この場合も2bit/シンボルとなる。

【0220】このように信号点を配置することにより、ASK方式で本発明の階層型伝送が可能となる。階層型伝送システムは信号対雑音比つまりC/N値が充分高い時は従来の等間隔信号点方式と変わりはない。しかし、C/N値が低い場合、従来方式では全くデーターを再生できない条件においても本発明を用いることにより第2データ列D₂は再生できなくなるが、第1データ列D₁は再生できる。これを説明するとC/Nが悪くなった状態は図60のように示せる。つまり受信機で再生した信号点はノイズや伝送歪等により、分散信号点領域721a、722a、723a、724aの広い範囲にガウス分布状に分散する。このような場合、信号点721と信号点722、信号点723と信号点724の区別が難しくなる。つまり第2データ列D₂のエラーレートが非常に高くなる。しかし図から明らかなように信号点721、722のグループと信号点723、724のグループとの区別は容易である。つまり第1の信号点群725と第2の信号点群726との区別ができる。このため、第1データ列D₁は低いエラーレートで再生できることにな

る。

【0221】こうして2つの階層のデータ列D₁とD₂が送受信できる。従って伝送システムのC/Nの良い状態及び地域では第1データ列D₁と第2列D₂の両方がC/Nの悪い状態及び地域では第1データ列D₁のみが再生される階層型伝送ができるという効果がある。

【0222】図61は送信機741のブロック図で入力部742は第1データ列入力部743と第2データ列入力部744から構成される。搬送波発生器64からの搬送波は入力部742からの信号を処理部745でまとめた入力信号により乗算器746において振巾変調されさらにフィルタ747により帯域制限されVSB信号等のASK信号となり出力部748から出力される。

【0223】ここでフィルタを通過した後の出力波形について述べる。図62(a)はASK変調信号の周波数分布図である。図のようにキャリアの両側に側波帯がある。この信号をフィルタ747のバンドパスフィルタ図62(b)の送信信号749のようにキャリア成分を少し残して片側の側波帯を取り去る。これをVSB信号というが、f₀を変調周波数帯域とすると、約f₀/2の周波数帯域で送信できるため、周波数利用効率が良いことが知られている。図60のASK信号は元来2bit/シンボルであるがVSB方式を用いると同一周波数帯域で16QAMの4bit/シンボルに相当する情報量が伝送できる。

【0224】次に図63のブロック図で示す受信機751では地上のアンテナ32aで受けた信号は入力部752を経て、チャンネル選択により可変する可変発振器754からの信号と、混合器753において混合され、低い中間周波数に変換される。次に検波器755において検波され、LPF756によりベースバンド信号となり

識別再生器 757 により第 1 データ列 D_1 と第 2 データ列 D_2 が再生され第 1 データ列出力部 758 と第 2 データ列出力部 759 から出力される。

【0225】次にこの送信機と受信機を用いて TV 信号を送る場合を説明する。図 64 は映像信号送信機 774 のブロック図である。HDTV 信号等の高解像度 TV 信号は第 1 画像エンコーダ 401 の入力部 403 に入力し、サブバンドフィルタ等の映像の分離回路 404 により、 $H_L V_L$ 、 $H_L V_H$ 、 $H_H V_L$ 、 $H_H V_H$ 等の高域 TV 信号と低域 TV 信号に分離される。この内容は実施例 3 で図 30 を用いて説明したので詳しい説明は省略する。分離された TV 信号は圧縮部 405 において、MPEG 等で用いられている DPCM DCT 可変長符号化や等の手法を用いて符号化される。動き補償は入力部 403 において処理される。圧縮された 4 つの画像データは合成器 771 によって第 1 データ列 D_1 と第 2 データ列 D_2 の 2 つのデータ列となる。この場合 $H_L V_L$ 信号つまり低域の画像信号は第 1 データ列に含まれる。送信機の 741 の第 1 データ列入力部 743 と第 2 データ列入力部 744 に入力され振巾変調を受け、VSB 等の ASK 信号となり、地上アンテナから放送される。

【0226】このデジタル TV 放送の TV 受信機全体のブロック図が図 65 である。地上アンテナ 32a で受信した放送信号は TV 受信機 781 の中の受信機 751 の入力部 752 に入力され、検波復調部 760 により受信者が希望する任意のチャンネルの信号が選局され復調され、第 1 データ列 D_1 と第 2 データ列 D_2 が再生され第 1 データ列出力部 758 と第 2 データ列出力部 759 から出力される。詳しい説明は重なるため省く。 D_1 、 D_2 信号は分離部 776 に入力される。 D_1 信号は分離器 777 により分離され $H_L V_L$ 圧縮成分は第 1 入力部 521 に入力される。他方は合成器 778 により D_2 信号と合成され第 2 入力部 531 に入力される。第 2 画像デコーダにおいて第 1 入力部 521 に入った $H_L V_L$ 圧縮信号は、第 1 伸長部 523 により $H_L V_L$ 信号に伸長され画像合成部 548 と画面比率変更回路 779 に送られる。元の TV 信号が HDTV 信号の場合、 $H_L V_L$ 信号はワイドの NTSC 信号になり、元の信号が NTSC 信号の場合、MPEG1 のような NTSC より品位が低い低解像度 TV 信号になる。

【0227】この説明では元の映像信号を HDTV 信号と設定しているため、 $H_L V_L$ 信号はワイド NTSC の TV 信号となる。TV の画面アスペクト比が 16:9 であれば 16:9 の画面比率のまま出力部 780 を介して映像出力 426 として出力する。もし、TV の画面アスペクト比が 4:3 であれば、画面比率変更回路 779 により 16:9 から 4:3 の画面アスペクト比のレターボックス形式かサイドパネル形式に変更して出力部 780 を介して映像出力 425 として出力する。

【0228】一方、第 2 データ列出力部 759 からの第

2 データ列 D_2 は、分離部 776 の合成器 778 において分離器 777 の信号と合成され、第 2 画像デコーダの第 2 入力部 531 に入力され、分離回路 531 により $H_L V_H$ 、 $H_H V_L$ 、 $H_H V_H$ の圧縮信号に分離されて各々第 2 伸張部 535、第 3 伸長部 536、第 4 伸長部に送られ、伸長されて元の $H_L V_H$ 、 $H_H V_L$ 、 $H_H V_H$ 信号となる。これらの信号に $H_L V_L$ 信号を加え、画像合成部 548 に入力され、合成されて 1 つの HDTV 信号となり出力部 546 より出力され、出力部 780 を介して HDTV の映像信号 427 として出力される。

【0229】この出力部 780 は第 2 データ列出力部 759 の第 2 データ列の誤まり率を誤まり率検知部 782 で検知しエラーレートが高い場合は自動的に $H_L V_L$ 信号の低解像度の映像信号を出力させる。

【0230】以上のようにして、階層型放送の送信、受信が可能となる。伝送条件が良い場合、例えば TV 送信アンテナが近い放送に対しては、第 1 データ列と第 2 データ列の両方が再生できるので、HDTV の品位で番組を受信できる。また送信アンテナとの距離が遠い放送に対しては、第 1 データ列を再生し、この $V_L H_L$ 信号から低解像度の TV 信号を出力する。このことにより、HDTV の品位もしくは NTSC TV の品位で同一番組をより広い地域で受信できるという効果がある。

【0231】また図 66 の TV 受信機のブロック図のように第 1 データ列出力部 768 だけに受信機 751 の機能を縮小すると受信機は第 2 データ列および HDTV 信号を扱わなくてもよくなるため、構成が大巾には簡略化できる。画像デコーダは (図 31) で説明した第 1 画像デコーダ 421 を用いればよい。この場合 NTSC TV の品位の画像が得られる。HDTV の品位では番組を受信できないが受信機のコストは大巾に安くなる。従って広く普及する可能性がある。このシステムでは従来の TV ディスプレイをもつ多くの受信システムを変更しないでアダプターとして追加することにより、デジタル TV 放送が受信できるという効果がある。

【0232】図 67 のような構成にすると PSK 信号を復調する衛星放送受信機と ASK 信号を復調する地上放送受信機の機能をもつ受信機を簡単に構成できる。この場合、衛星アンテナ 32 から受信した PSK 信号は発振器 787 からの信号と混合器 786 において混合され、低い周波数に変換され TV 受信機 781 の入力部 34 に入力され、図 63 で説明した混合器 753 に入力される。衛星 TV 放送の特定のチャンネルの低い周波数に変換された PSK、もしくは QAM 信号は復調部 35 によりデータ列 D_1 、 D_2 が復調され、分離部 788 を介して第 2 画像エンコーダ 422 により、画像信号として再生され、出力部 780 より出力される。一方、地上用のアンテナ 32a により受信されたデジタル地上放送とアナログ放送は、入力部 752 に入力され図 63 で説明したのと同じプロセスで混合器 753 により特定のチャネル

ルが選択され、検波され、低域のみのベースバンド信号となる。アナログ衛星TV放送に混合器753に入り復調される。デジタル放送の場合は、識別再生器757によりデータ列D1とD2が再生され第2画像デコーダ422により映像信号が再生され、出力される。また地上と衛星のアナログTV放送を受信する場合は映像復調部788によりAM復調されたアナログTV信号が出力部780より出力される。図67の構成をとると混合器753が衛星放送と地上放送で共用できる。また第2画像デコーダ422も共用できる。又、デジタル地上放送でASK信号を用いた場合、AM復調のため従来のアナログ放送と同様の検波器755とLPF756等の受信回路を兼用できる。以上のように図67の構成にすると大巾に受信回路を共用化し、回路を削減するという効果がある。

【0233】また、実施例では4値のASK信号を2つのグループに分け、D1、D2の2層の各1bitの階層型伝送を行った。しかし、図68のように8値のASK信号を用いるとD1、D2、D3の3層の各1bitの階層型伝送を行うことができる。図68ではD3信号の信号点は信号点721aと721b、722aと722b、723aと723b、724aと724bの2値つまり1bitである。次にD2の信号点は信号点群721と722、信号点群723と724の2値の1bitである。D3のデータは大信号点群725と726の2値の1bitとなる。この場合、図57の4つの信号点721、722、723、724を各2ヶの信号点721aと721b、722aと722b、723aと723b、724aと724bに分離し、各グループの間の距離を離すことにより3層の階層型伝送が可能となる。

【0234】この3層の階層型伝送システムを用いて3層の映像伝送を行うことは実施例3と3で説明したもので動作の詳しい説明は省略する。

【0235】さて実施例3では図30のような画像エンコーダ401を説明したが、図30のブロック図は、図69のように書き換えることができる。内容は全く同じであるため説明は省略する。このように、画像エンコーダ401はサブバンドフィルタ等の映像の分離回路404、404aを2つもつ。これらを分離部794とすると、図70の分離部のブロック図に示す。ように1つの分離回路に信号を時分割で2回通すことにより回路を削減できる。これを説明すると、第1サイクルでは入力部403からのHDTVやスーパーHDTVの映像信号は時間軸圧縮回路795により、時間軸を圧縮されて分離回路404により、HHVH-H、HHVL-H、HLVH-H、HLVL+1の4つの成分に分けられる。この場合、スイッチ765、765a、765b、765cは1の位置にあり、圧縮部405に、HHVH-H、HHVL-H、HLVH-Hの3つの信号を出力する。しかし、HLVL-Hの信号はスイッチ765cの出力1から時間軸

調整回路795の入力2へ入力し、第2サイクルつまり時分割処理の空き時間に分離回路404に送られ分離処理されHHVH、HHVL、HLVH、HLVLの4つの成分に分けられ出力される。第2サイクルではスイッチ765、765a、765b、765cは出力2の位置に変わるため、4つの成分は圧縮部405へ送られる。このようにして図70の構成をとり時分割処理することにより分離回路が削減できるという効果がある。

【0236】次にこのような3層の階層型の映像伝送を行うと受信機側には実施例3の図33のブロック図で説明したような、画像デコーダが必要となる。これを、書き換えると図71のようなブロック図となる。処理能力は違うものの同じ構成の合成器566が2つ存在することになる。

【0237】これは図72のような構成をとると図70の分離回路の場合と同様にして1つの合成器で実現できる。図72を説明すると、5つのスイッチ、765a、765b、765c、765dにより、まず、タイミング1において、スイッチ765、765a、765b、765cの入力が1に切り替わる。すると、第1伸長部522、第2伸長部522a、第3伸長部522b、第4伸長部522cから各々HLVL、HLVH、HHVL、HHVHの信号が、スイッチを介して合成器556の対応する入力部に入力され、合成処理されて1つの映像信号となる。この映像信号はスイッチ765dに送られ出力1より出力し再びスイッチ765cの入力2に送られる。この映像信号はもともと、高解像度映像信号を分割したHLVL-H成分の信号である。次のタイミング2において、スイッチ765、765a、765b、765cは入力2に切替わる。こうして、今度はHHVH-H、HHVL-H、HLVH-HそしてHLVL-H信号が合成器556に送られ、合成処理されて1つの映像信号が得られる。この映像信号はスイッチ765dの出力2より出力部554から出力される。

【0238】このようにして、3層の階層型放送を受信する場合時分割処理により2ヶの合成器を1ヶに削減するという効果がある。

【0239】さて、この方式は、まずタイミング1においてHHVH、HHVL、HLVH、HLVL信号を入力させ、HLVL-H信号を合成させる。その後、タイミング1と別の期間タイミング2において、HHVH-H、HHVL-H、HLVH-Hと上記のHLVL-H信号を入力させ、最終の映像信号を得るという手順をとっている。従って、2つのグループの信号のタイミングをずらす必要がある。

【0240】もし、もともと、入力した信号の上記成分のタイミングの順序が違っていたり重複している場合は時間的に分離するためスイッチ765、765a、765b、765cにメモリを設け蓄積し、時間軸を調整することが必要となる。しかし送信機の送信信号を図73

のようにタイミング1とタイミング2に時間的に分離して送信することにより、受信機側に時間軸調整回路が不要となる。従って、受信機の構成が簡単になるという効果がある。

【0241】図73の時間配置図のD1は送信信号の第1データ列D1を示し、タイミング1の期間中にDチャンネルでH_LV_L、H_LV_H、H_HV_L、H_HV_H信号を送り、タイミング2の期間にD2チャンネルでH_LV_H-H、H_HV_L-H、H_HV_H-Hを送る場合の信号の時間配置を示している。このようにして時間的に分離して送信信号を送ることにより、受信機のエコンコードの回路構成を削除するという効果がある。

【0242】次に受信機の伸長部の数が多い。これらの数を削減する方法について述べる。図74(b)は送信信号のデータ810、810a、810b、810cの時間配置図を示す。この図において、データの間に別データ811、810a、811b、811cを送信する。すると、目的とする送信データは間欠的に送られてくることになる。すると、図74(a)のブロック図に示す第2画像エンコーダ422はデータ列D1を第1入力部521とスイッチ812を介して次々と伸長部503に入力する。例えば、データ810の入力完了後は別データ811の時間中に伸長処理を行い、データ810の処理終了後、次のデータ810aが入力することになる。こうすることにより、合成器の場合と同様の手法で時分割で1つの伸長部503を共用することができる。こうして、伸長部の総数を減らすことができる。

【0243】図75はHDTVを送信する場合の時間配置図である。例えば放送番組の第1チャンネルのNTSC成分に相当するH_LV_L信号をH_LV_L(1)とすると、これをD1信号の太線で示すデータ821の位置に時間配置する。第1チャンネルのHDTV付加成分に相当するH_LV_H、H_HV_L、H_HV_H信号はD2信号のデータ821a、821b、821cの位置に配置する。すると第1チャンネルの全てのデータの間には別のTV番組の情報である別データ822、822a、822b、822cが存在するため、この期間中に伸長部の伸長処理が可能となる。こうして1つの伸長部で全ての成分を処理できる。この方式は伸長器の処理が速い場合に適用できる。

【0244】また、図76のようにD1信号に、データ821、821a、821b、821cを配置しても同様の効果が得られる。通常の4PSKや4ASKのように階層がない伝送を用いて送受信する場合に有効である。

【0245】図77は、例えばNTSCとHDTVと高解像度HDTVもしくは、低解像度NTSCとNTSCとHDTVのような3層の映像を物理的に2層の階層伝送方式を用いて階層伝送を行う場合の時間配置図を示す。例えば、低解像度NTSCとNTSCとHDTVの

3層の映像を放送する場合D1信号には低解像NTSC信号に相当するH_LV_L信号がデータ821に配置されている。又、NTSCの分離信号であるH_LV_H、H_HV_L、H_HV_Hの各成分の信号はデータ821a、821b、821cの位置に配置されている。HDTVの分離信号であるH_LV_H-H、H_HV_L-H、H_HV_H-H信号はデータ823、823a、823bに配置されている。

【0246】ここでは、実施例2で説明したエラー訂正能力の差別化による論理的な階層伝送を追加している。具体的にはH_LD_LはD1信号の中のD1-1チャンネルを用いている。D1-1チャンネルは実施例2で述べたようにD1-2チャンネルより大巾に訂正能力の高い誤り訂正方式を採用している。D1-1チャンネルはD1-2チャンネルに比べて冗長度は高いが再生後のエラーレートは低いため、他のデータ821a、821b、821cよりC/N値の低い条件においても再生できる。このためアンテナから遠い地域や自動車の車内等の受信条件の悪い場合においても低解像度のNTSC TVの品位で番組を再生することができる。実施例2で述べたようにエラーレートの観点でみた場合、D1信号の中のD1-1チャンネルにあるデータ821はD1-2チャンネルにある他のデータ821a、821b、821cより受信妨害に強く、差別化されており論理的な階層が異なる。実施例2で述べたようにD1、D2の階層は物理的階層といえ、このエラー訂正符号間距離の差別化による階層構造は論理的な階層構造といえる。

【0247】さて、D2信号の復調には物理的にD1信号より高いC/N値を必要とする。従って、遠隔地等のC/N値の一番低い受信条件では、H_LV_L信号つまり、低解像度NTSC信号が再生される。そして、C/N値が次に低い受信条件では加えてH_LV_H、H_HV_L、H_HV_Hが再生され、NTSC信号が再生できる。さらにC/N値の高い受信条件ではH_LV_Lに加えてH_LV_H-H、H_HV_L-H、H_HV_H-Hも再生されるためHDTV信号が再生される。こうして3つの階層の放送ができる。この方式を用いることにより図53で説明した受信可能領域は図90の受信妨害領域図に示すように2層から3層に拡大し、より番組受信可能領域が広がる。

【0248】ここで図78は図77の時間配置の場合の第3画像デコーダのブロック図を示す。基本的には図72のブロック図からD3信号の第3入力部551を省いた構成に図74(a)のブロック図の構成を加えた構成になっている。

【0249】動作を説明するとタイミング1において入力部521よりD1信号が、入力部530よりD2信号が入力される。H_LV_H等の各成分は時間的に分離されているためこれらはスイッチ812により伸長部503に順次、独立して送られる。この順序を図77の時間配置図を用いて説明する。まず、第1チャンネルのH_LV_Lの圧縮信号が伸長部503に入り、伸長処理される。次に

第1チャンネルの $H_L V_H$, $H_H V_L$, $H_H V_H$ が伸長処理され、スイッチ812aを介して、合成器556の所定の入力部に入力され、合成処理され、まず $H_L V_L-H$ 信号が合成される。この信号はスイッチ765aの出力1からスイッチ765の入力2に入力され、合成器556の $H_L V_L$ 入力部に入力される。

【0250】次にタイミング2において、図77の時間配置図に示すようにD2信号の $H_L V_H-H$, $H_H V_L-H$, $H_H V_H-H$ 信号が入力され伸長部503により伸長され、スイッチ812aを介して各信号が合成器556の所定の入力に入力され、合成処理されHDTV信号が出力される。このHDTV信号はスイッチ765aの出力2より出力部521を介してHDTV信号が出力される。上述のように図77の時間配置により送信することにより受信機の伸長部と合成器の数を大巾に削減するという効果がある。なお、図77は時間配置図ではD1, D2信号の2つの段階を用いたが、前述のD3信号を用いると、高解像度HDTVを加え4つの階層のTV放送ができる。

【0251】図79はD1, D2, D3の3層の物理階層を用いた3つの階層の映像を放送する階層型放送の時間配置図である。図から明かなように同一TVチャンネルの各成分は時間的に重複しないように配置してある。又、図80は図78のブロック図で説明した受信機に第3入力部521aを加えた受信機である。図79の時間配置により放送することにより、図80のブロック図で示すような簡単な構成で受信機が構成できるという効果がある。

【0252】動作は、図77の時間配置図、図78のブロック図とほぼ同じである。このため説明は省略する。又、図81の時間配置図のようにD1信号に全ての信号を時間多重することもできる。この場合、データ821と別データ822の2つのデータはデータ821a, 812b, 821cに比べてエラー訂正能力を高めてある。このため、他のデータに比べて階層が高くなっている。前述のように物理的には一層であるが論理的には2層の階層伝送となっている。又、番組チャンネル1のデータの間に別の番組チャンネル2の別データが括入されている。このため、受信機側でシリアル処理が可能となり、図79の時間配置図と同じ効果が得られる。

【0253】図81の時間配置図の場合、論理的な階層となっているが、データ821, 別データ822の伝送ビットレートを $1/2$ や $1/3$ に落とすことにより、このデータの伝送時のエラーレートが下がるため、物理的な階層伝送をすることもできる。この場合、物理階層は3層となる。

【0254】図82は、図81の時間配置図のような、データ列D1信号のみを伝送する場合の画像デコーダ423のブロック図で、図80のブロック図に示す画像デコーダに比べて、より簡単な構成となる。動作は図80

で説明した画像デコーダと同じため説明を省略する。

【0255】以上のように、図81の時間配置図のような送信信号を送信すると図82のブロック図のように伸長部503合成器556の数を大巾に削減できるという効果がある。又、4つの成分が時間的に分離されて入力されるため、合成器556つまり図32の画像合成部548の内部の回路ブロックを入力する画像成分に応じて接続変更により、いくつかのブロックを時分割で共用し回路を省略することもできる。

10 【0256】以上のようにして簡単な構成で受信機が構成できるという効果がある。なお、実施例5では、ASK変調を用いて動作を説明したが、実施例5で説明した多くの手法は実施例1, 2, 3で説明したPSKやQAM変調にも使える。

【0257】又、これまでの実施例はFSK変調にも使える。例えば、図83のように f_1, f_2, f_3, f_4 の多値のFSK変調を行う場合、実施例5の図58の信号点配置図のようにグループ化を行い、各グループの信号点位置を離すことにより、階層型伝送ができる。

20 【0258】図83において周波数 f_1, f_2 の周波数群841を $D1=0$ と定義し、周波数 f_3, f_4 の周波数群842を $D1=1$ と定義する。そして、 f_1, f_3 を $D2=0$, f_2, f_4 を $D2=1$ と定義すると、図に示すように、D1, D2の各1bit、計2bitの階層型伝送が可能となる。例えば、C/Nの高い場合は $t=t_3$ において、 $D1=0, D2=1$ が再生でき、 $t=t_4$ において $D1=1, D2=0$ が再生できる。次にC/Nが低い場合は $t=t_3$ において $D1=0$ のみが、 $t=t_4$ において $D=1$ のみが再生できる。こうしてFSKの階層型伝送ができる。実施例3, 4, 5で説明した映像信号の階層型の放送にこのFSKの階層型伝送方式を用いることもできる。

【0259】又、図84のような、ブロック図に示す磁気記録再生装置に本発明の実施例5を用いることもできる。実施例5はASKのため磁気記録再生ができる。

(実施例6)第6の実施例により本発明を磁気記録再生装置に応用した例を説明する。実施例5では多値記録のASK伝送方式に本発明を適用した場合を示したが、同じ原理で多値のASK記録方式の磁気記録再生装置にも本発明を応用することができる。ASKの他、PSK, FCK, QAMに本発明のC-CDM方式を適用することにより階層型の多値の磁気記録が可能となる。

40 【0260】まず、16QAMや32QAMの磁気記録再生装置に本発明のC-CDM方式を用いて階層化する方法を説明する。図84はQAMにC-CDMを適用した場合のブロック図を示す。以下QAMをC-CDM多重化したものをSRQAMと呼ぶ。

【0261】図84を説明すると、磁気記録再生装置851は、入力したHDTV等の映像信号を画像エンコーダ401の第1画像エンコーダ401aと第2画像エン

53

コード401bにより高域信号と低域信号に分離し圧縮し、入力部742の中の第1データ列入力部743にH_LV_L成分等の低域映像信号を、第2データ列入力部744にH_HV_H成分等を含む高域映像信号を入力し、変復調器852の中の変調部749に入力する。第1データ列入力部743では、エラー訂正コードがECC部73aにおいて低域信号に付加される。一方、第2データ列入力部744に入力された第2データ列は16SRQAM、36SRQAM、64SRQAMの場合、2bit、3bit、4bit、になる。この信号はECC744aにより誤り符号化された後Trellisエンコード部744bにより16SRQAM、32SRQAM、64SRQAMの場合、各々1/2、2/3、3/4の比率のTrellis符号化される。例えば64SRQAMの場合、第1データ列は2bitで第2データ列は4bitとなる。このため図128に示すようなTrellis Encoderを用い、3bitデータと4bitとした、Ratio3/4のTrellis Encodeを行う。こうして冗長度は上がり、データレートは下がる一方でエラー訂正能力が上がるため同一のデータレートのエラーレートを下げることができる。このため実質的な記録再生系もしくは伝送系の情報伝送量は増える。但し、Trellis Encodeは回路が複雑になるため、実施例6ではエラーレートの元々低い第1データ列には使用していない。第1データ列より第2データ列の方が符号間距離が小さく、エラーレートが悪いが、第2データ列をTrellis符号化することにより、エラーレートが改善される。第1データ列のTrellis符号化回路を省略する構成により、全体の回路がよりシンプルになるという効果がある。変調の動作は実施例5の図64の送信機とほぼ同じであるため詳しい説明は省略する。変調部749で変調された信号は記録再生回路853において、バイアス発生器856によりACバイアスされ増巾器857aにより増巾され磁気ヘッド854により磁気テープ855上に記録される。

【0262】記録信号のフォーマットは図113の記録信号周波数配置図に示すように周波数 f_c なる搬送波をもつ例えば16SRQAMの主信号859に情報が記録されるとともに、 f_c の2倍の $2f_c$ の周波数をもつパイロット f_p 信号859aが同時に記録される。周波数 f_{BIAS} なるバイアス信号859bにより、ACバイアスを加えて磁気記録されるため記録時の歪が少なくなる。図113に示す3層のうち2層の階層記録がされているため、記録再生できる閾値は $Th-1-2$ 、 $Th-2$ の2つが存在する。記録再生のC/Nレベルにより信号859なら2層全てが信号859CならD1のみが記録再生される。

【0263】主信号に16SRQAMを用いた場合、信号点配置は図100のようになる。又36SRQAMを用いた場合、図100のようになる。この信号を再生する場合、磁気ヘッド854からは、主信号859とパイロ

54

ット信号859aが再生され、増巾器857bにより増巾される。この信号より搬送波再生回路858のフィルタ858aにより $2f_c$ なるパイロット信号 f_p が周波数分離され、1/2分周器858bにより f_c の搬送波が再生され復調部760に送られる。この再生された搬送波を用いて復調部760において主信号は復調される。この時、HDTV用等の高C/N値の高い磁気記録テープ855を用いた場合、16点の各信号点の弁別しやすくなるため復調部760においてD1とD2の双方が復調される。そして画像デコード422により全信号が再生される。HDTVVTRの場合例えば15MbpsのHDTVの高ビットレートのTV信号が再生される。C/N値が低いビデオテープ程、コストは安い。現時点で市販のVHSテープと放送用の高C/N型テープとは10dB以上C/Nの差がある。安価なC/N値の低いビデオテープ855を用いた場合はC/N値が低いため16値や36値の信号点を全て弁別することは難しくなる。このため第1データ列D1は再生できるが第2データ列D2の2bitもしくは3bitもしくは4bitのデータ列は再生できず、第1データ列の2bitのデータ列のみが再生される。2層の階層型のHDTV画像信号を記録再生した場合、低C/Nテープでは高域画像信号は再生されないため第1データ列の低レートの低域画像信号、具体的には例えば7MbpsのワイドNTSCのTV信号が出力される。

【0264】また図114のブロック図に示すように第2データ列出力部759と第2データ列入力部744と第2画像デコード422aを省略し、第1データ列D1のみを変復調する変形QPSK等の変調器をもつ低ビットレート専用の記録再生装置851も一つの製品形態として設定できる。この装置は第1データ列のみの記録再生が行える。つまりワイドNTSCグレードの画像信号を記録再生できる。上述のHDTV信号等の高ビットレートの信号が記録された高いC/N値を出力するビデオテープ855をこの低ビットレート専用の磁気記録再生装置で再生した場合、第1データ列のD1信号のみが再生され、ワイドNTSC信号が出力され、第2データ列は再生されない。つまり同じ階層型のHDTV信号が記録されたビデオテープ855を再生した場合、一方の複雑な構成の記録再生装置ではHDTV信号、一方の簡単な構成の記録再生装置ではワイドNTSC TV信号が再生できる。つまり2層の階層の場合異なるC/N値をもつテープと異なる記録再生データレートをもつ機種の間で4つの組み合わせの完全互換性が実現するという大きな効果がある。この場合、HDTV専用機に比べてNTSC専用機は著しく簡単な構成になる。具体的には例えばEDTVのデコードの回路規模はHDTVのデコード比べて1/6になる。従って低機能機は大巾に低いコストで実現できる。このようにHDTVとEDTVの画質の記録再生能力が異なる2つのタイプの記録再生装置を

実現できるため幅広い価格帯の機種が設定できるという効果がある。また使用者も高価格のC/Nの高いテープから低価格の低C/Nのテープまで、要求画質に応じてその都度自由にテープを選択できる。このように互換性を完全に保ちながら拡張性が得られるとともに将来との互換性も確保できる。従って将来も陳腐化しない記録再生装置の規格が実現することも可能となる。この他の記録方法としては実施例 1、3 で説明した位相変調による階層記録もできる。

【0265】実施例 5 で説明したASKによる記録もできる。現在 2 値の記録を多値にして図 59 (c) (d) に示すように 4 値を 2 つのグループに分け、階層化できる。

【0266】ASK の場合のブロック図は図 84 と同じである。実施例で説明した以外に磁気テープ上の多トラックによる階層記録もできる。又、エラー訂正能力を変えて、データを差別化することによる論理的な階層記録もできる。

【0267】ここで将来規格との互換性について述べる。通常、VTR 等の記録再生装置の規格を設定する場合、現実に入手できる最も高いC/Nのテープを用いて規格が定められる。テープの記録特性は日進月歩で向上する。例えば 10 年前のテープに比べて、現在C/N値は 10 dB 以上向上している。この場合、現在から 10 年～20 年後の将来においてテープ性能が向上した時点で新しい規格を設定する場合、従来方式では旧規格との互換性をとることは非常に難しい。このため新旧規格は片互換もしくは非互換である場合が多かった。

【0268】しかし、本発明の場合、まず、現行テープで第 1 データ列もしくは第 2 データ列を記録再生する規格をつくる。次に将来テープのC/Nが大巾に向上した時点で本発明を予め採用しておけば上位のデータ階層のデータ例えば第 3 データ列のデータを追加し、例えば 3 階層の 64 SRQAM を記録再生するスーパーHDTV VTR が従来規格と完全互換を保ちながら実現するこの将来規格が実現した時点で本発明、新規格で第 3 データ列まで 3 層記録された磁気テープを、第 1 データ列、第 2 データ列しか記録再生できない旧規格の 2 層の磁気記録再生装置で再生した場合、第 3 データ列は再生できないが第 1、第 2 データ列は完全に再生できる。このためHDTV信号は再生される。このため新旧規格間の互換性を保ちながら将来、記録データ量を拡張できるという効果がある。

【0269】ここで図 84 の再生動作の説明に戻る。再生する時は磁気テープ 855 を磁気ヘッド 854 と磁気再生回路 853 により再生信号を再生し変復調器 852 に送る。復調部は実施例 1、3、4 とほぼ同様な動作をするため説明を省略する。復調部 760 により第 1 データ列 D1 と第 2 データ列 D2 を再生し、第 2 データ列は Vitabi デコーダ等の Trellis-Decoder 759 b により、c

ode gain の高いエラー訂正をされ、エラーレートは低くなる。D1、D2 信号は画像デコーダ 422 により復調されHDTVの映像信号が出力される。

【0270】以上は 2 つの階層をもつ磁気記録再生装置の実施例であるが、次に 2 層の物理階層に 1 層の論理階層を加えた 3 層の階層の磁気記録再生装置の実施例を図 131 のブロック図を用いて説明する。基本的には、図 84 と同じ構成であるが第 1 データ列を TDM により、さらに 2 つのサブチャンネルに分割し 3 層構造にしている。図 131 に示すように、まずHDTV信号は第 1 画像エンコーダ 401 a 中の第 1—1 画像エンコーダ 401 c と第 1—2 画像エンコーダ 401 d により、中域と低域の映像信号の 2 つのデータ、D1-1 と D1-2 に分離され入力部 742 の第 1 データ列入力部に入力される。MPEG グレードの画質のデータ列 D1-1 は ECC coder 743 a において Code gain の高い誤り訂正符号化をされ、D1-2 は ECC Coder 743 b において通常の Code gain をもつ誤り訂正符号化をされる。D1-1 と D1-2 は TDM 部 743 c により時間多重化され、一つのデータ列 D1 となる。D1 と D2 は C-CDM 変調部 749 で変調され磁気ヘッド 854 により磁気テープ 855 上に、2 層で階層記録される。

【0271】再生時には、磁気ヘッド 854 により再生された記録信号は、図 84 で説明したと同様の動作により、C-CDM 復調部 760 により D1 と D2 に復調される。第 1 データ列 D1 は第 1 データ出力部 758 中の TDM 部 758 c において、2 つのサブチャンネル D1-1 と D1-2 に復調される。D1-1 は Code gain の高い ECC Decoder 758 a において、誤り訂正されるため、D1-2 に比べて D1-1 は低い C/N 値においても復調され第 1—1 画像デコーダ 402 a により LDTV が Decode され出力される。一方 D1-2 は Code gain の通常の ECC Decoder 758 b において誤り訂正されるため、D1-1 に比べると高い C/N のスレシホールド値をもつため信号レベルが大きくないと再生できない。そして、第 1—2 画像エンコーダ 402 d において復調され、D1-1 と合成されて、ワイドNTSCグレードのEDTVが出力される。

【0272】第 2 データ列 D2 は Trellis Decoder 759 b により Vitabi 復号され、ECC 759 a によりエラー訂正され、第 2 画像エンコーダ 402 b により高域画像信号となり、D1-1、D1-2 と合成されてHDTVが出力される。この場合の D2 の C/N の閾値は D1-2 より大きく設定する。従ってテープ 855 の C/N 値が小さい場合、D1-1 つまり LDTV が再生され、通常の C/N 値のテープ 855 の場合 D1-1、D1-2 つまり EDTV が再生され、C/N 値の高いテープ 855 を用いると D1-1、D1-2、D2 つまり HDTV 信号が再生される。

【0273】こうして 3 層の階層の磁気記録再生装置が実現する。前述のようにテープ 855 の C/N 値とコストとは相関関係にある。本発明の場合使用者は 3 つのタ

イブのテープコストに応じた3つのグレードの画質の画像信号を記録再生できるため、使用者が記録したいTV番組の内容に応じてテープのグレードを選択する巾が広がるという効果がある。

【0274】次に早送り再生時の階層記録の効果を述べる図132の記録トラック図に示すように磁気テープ855上にはアジマス角Aの記録トラック855aと逆のアジマス角のBの記録トラック855bが記録されている。図示するように記録トラック855aの中央部にこのまま記録領域855cを設け、他の領域をD1-2記録領域855dとする。これを各々の記録トラック数々につき少なくとも1ヶ所設ける。この中にはLDTV1フレーム分が記録されている。高域信号のD2信号は記録トラック855aの全領域のD2記録領域855eに記録する。通常速度の記録再生時には、この記録フォーマットは新たな効果は生まない。さて順方向と逆方向のテープ早送り再生時にはアジマス角Aの磁気ヘッドトレース855fは図に示すように磁気トラックと一致しなくなる。図132に示す本発明においてはテープ中央部の狭い領域に設定されたD1-1記録領域855cを設けてある。このためある一定の確率ではあるが、この領域は確実に再生される。再生されたD1-1信号からはMPEG1並みのLDTVの画質ではあるが同一時間の画面全体の画像を復調できる。こうして早送り再生時には1秒間に数枚から数十枚のLDTVの完全な画像が再生されると使用者は早送り中の画面を確認できるという大きな効果がある。

【0275】また逆送り再生時にはヘッドトレース85g示すように磁気トラックの一部の領域しかトレースしない。しかし、この場合においても図132で示す記録再生フォーマットを用いた場合、D1-1記録領域が再生できるためLDTVグレードの画質の動画が間欠的に出力される。

【0276】こうして、本発明では記録トラックの一部の狭い領域にLDTVグレードの画像を記録するため使用者は正逆両方向の早送り時にLDTVグレードの画質で早送りの間欠的にほぼ完全な静止画を再生できるため、高速検索時に画面の確認が容易になるという効果がある。

【0277】次に、さらに高速の早送り再生に対応する方法を述べる。図132の右下に示すようにD1-1記録領域855Cを設け、LDTVの1フレームを記録するとともにD1-1記録領域855Cの一部にさらに狭い領域のD1-1・D2記録領域855hを設ける。この領域におけるサブチャンネルD1-1にはLDTVの1フレームの一部の情報が記録されている。LDTVの残りの情報をD1-1・D2記録領域855hのD2記録領域855jに重複して記録する。サブチャンネルD2はサブチャンネルD1-1の3～5倍のデータ記録量をもつ。従ってD1-1とD2で1/3～1/5の面積のテープ上のLDTV

の1フレームの情報を記録できる。ヘッドレースがさらに狭い領域である領域855h、855jに記録できるため、ヘッドのトレース時間 T_{s1} に比べて時間も面積も1/3～1/5になる。従って早送り速度を早めてヘッドのトレースがさらに傾いても、この領域全体をトレースする確率が高くなる。このためD1-1のみの場合に比べてさらに3～5倍速い早送り時にも完全なLDTVの画像を間欠的に再生する。

【0278】この方式は2階層のVTRの場合、D2記録領域855jを再生する機能がないため、高速の早送り時には再生できない。一方3階層の高機能型VTRにおいては2階層に比べて3～5倍速い早送り時にも画像が確認できる。つまり、階層の数つまりコストに応じた画質だけでなく、コストに応じて再生可能な最大早送り速度が異なるVTRが実現する。

【0279】なお実施例では階層型変調方式を用いたが16QAM等の通常の変調方式でも、階層型の画像符号化を行えば本発明による早送り再生が実現する。ことはいうまでもない。

【0280】従来の高度に画像を圧縮する方式の非階層型のデジタルVTRの記録方式では画像データが均一に分散しているため、早送り再生時に各フレームの同一時間の画面の画像の全部を再生することはできない。このため画面の各ブロックの時間軸のずれた画像しか再生できない。しかし、本発明の階層型のHDTV VTRではLDTVグレードではあるが、画面の各ブロックの時間軸のずれていない画像を早送り再生時に再生できるという効果がある。

【0281】本発明のHDTVの3層の階層記録を行った場合記録再生系のC/Nが高いときはHDTV等の高解像度TV信号を再生できる。そして記録再生系のC/Nが低い場合や機能の低い磁気再生装置で再生した場合、ワイドNTSC等のEDTVグレードのTV信号もしくは低解像度NTSC等のLDTVグレードのTV信号が出力される。

【0282】以上のように本発明を用いた磁気再生装置においては、C/Nが低くなった場合や、エラーレートが高くなった場合においても同一内容の映像を低い解像度、もしくは低い画質で再生できるという効果が得られる。

【0283】(実施例7) 実施例7は本発明を4階層の映像階層伝送に用いたものである。実施例2で説明した4階層の伝送方式と4階層の映像データ構造を組み合わせることにより図91の受信妨害領域図に示すように4層の受信領域ができる。図に示すように最内側に第1受信領域890a、その外側に第2受信領域890b、第3受信領域890c、第4受信領域890dができる。この4階層を実現する方式について述べる。

【0284】4階層を実現するには変調による4層の物理階層やエラー訂正能力の差別化による4層の論理階層

があるが、前者は階層間のC/N差が大きいため4層では大きなC/Nが必要となる。後者は、復調可能なことが前提であるため、階層間のC/N差を大きくとれない。現実的であるのは、2層の物理階層と2層の論理階層を用いて、4層の階層伝送を行うことである。では、まず映像信号を4層に分離する方法を述べる。

【0285】図93は分離回路3のブロック図である分離回路3は映像分離回路895と4つの圧縮回路から構成される。分離回路404a、404b、404cの内部の基本的な構成は、図30の第1画像エンコーダ401の中の分離回路404のブロック図と同じなので説明は省略する。分離回路404a等は映像信号を低域成分H_LV_Lと高域成分H_HV_Hと中間成分H_HV_L、H_LV_Hの4つの信号に分離する。この場合、H_LV_Lは解像度が元の映像信号の半分になる。

【0286】さて入力した映像信号は映像分離回路404aにより高域成分と低域成分に2分割される。水平と垂直方向に分割されるため4つの成分が出力される。高域と低域の分割点はこの実施例では中間点にある。従って、入力信号が垂直1000本のHDTV信号の場合H_LV_L信号は垂直500本の、水平解像度も半分のTV信号となる。

【0287】低域成分のH_LV_L信号は分離回路404cにより、さらに水平、垂直方向の周波数成分が各々2分割される。従ってH_LV_L出力は例えば垂直250本、水平解像度は1/4となる。これをLL信号と定義するとLL成分は圧縮部405aにより圧縮され、D₁₋₁信号として出力される。

【0288】一方、H_LV_Lの高域成分の3成分は合成器772cにより1つのLH信号に合成され、圧縮部405bにより圧縮されD₁₋₂信号として出力される。この場合、分離回路404cと合成器772cの間に圧縮部

【0289】高域成分のH_HV_H、H_LV_H、H_HV_Lの3成分は合成器772aにより一つのH_HV_H-H信号となる。圧縮信号が垂直水平とも1000本の場合、この信号は水平、垂直方向に500本〜1000本の成分をもつ。そして分離回路404bにより4つの成分に分離される。

【0290】従ってH_LV_L出力として水平、垂直方向の500本〜750本の成分が分離される。これをHH信号とよぶ。そしてH_HV_H、H_LV_H、H_HV_Lの3成分は750本〜1000本の成分をもち、合成器772bで合成され、HH信号となり圧縮部405dで圧縮され、D₂₋₂信号として出力される。一方H_LV_H信号はD₂₋₁信号として出力される。従ってLL、つまりD₁₋₁信号は例えば0本〜250本以下の成分、LHつまりD₁₋₂信号は250本以上500本以下の周波数成分H_LつまりD₂₋₁信号は500本以上750本以下の成分、HHつまりD₂₋₂信号は750本以上1000本以下の周波数成

分をもつ。この分離回路3により階層型のデータ構造ができるという効果がある。この図93の分離回路3を用いて実施例2で説明した図87の送信機1の中の分離回路3の部分を置きかえることにより、4層の階層型伝送ができる。

【0291】こうして階層型データ構造と階層型伝送を組み合わせることにより、C/Nの劣下に伴い段階的に画質が劣化する画像伝送が実現できる。これは放送においてはサービスエリアの拡大という大きな効果がある。

次にこの信号を復調再生する受信機は実施例2で説明した図88の第2受信機と同じ構成と動作である。従って全体の動作は省略する。ただ映像信号を扱うため合成部37の構成がデータ送信と異なる。ここでは合成部37を詳しく説明する。

【0292】実施例2において図88の受信機のブロック図を用いて説明したように、受信した信号は復調され、エラー訂正され、D₁₋₁、D₁₋₂、D₂₋₁、D₂₋₂の4つの信号となり、合成部37に入力される。

【0293】ここで図94は合成部33のブロック図である。入力されたD₁₋₁、D₁₋₂、D₂₋₁、D₂₋₂信号は伸長部523a、523b、523c、523dにおいて伸長され、図93の分離回路において説明したLL、LH、HL、HH信号となる。この信号は、元の映像信号の水平、垂直方向の帯域を1とするとLLは1/4、LL+LHは1/2、LL+LH+HLは3/4、LL+LH+HL+HHは1の帯域となる。LH信号は分離器531aにより分離され画像合成部548aにおいてLL信号と合成されて画像合成部548cのH_LV_L端子に入力される。画像合成部531aの例の説明に関しては図32の画像デコーダ527で説明したので省略する。一方、HH信号は分離器531bにより分離され、画像合成部548bに入力される。HL信号は画像合成部548bにおいてHH信号と合成され、H_HV_H-H信号となり分離器531cにより分離され、画像合成部548cにおいてLHとLLの合成信号と合成され、映像信号となり合成部33から出力される。そして図88の第2受信機の出力部36でTV信号となり出力される。この場合、原信号が垂直1050本、約1000本のHDTV信号ならば図91の受信妨害図に示した4つの受信条件により4つの画質のTV信号が受信される。

【0294】TV信号の画質を詳しく説明する。図91と図86を一つにまとめたのが図92の伝送階層構造図である。このようにC/Nの向上とともに受信領域862d、862c、862b、862aにおいてD₁₋₁、D₁₋₂、D₂₋₁、D₂₋₂と次々と再生できる階層チャンネルが追加されデータ量が増える。

【0295】映像信号の階層伝送の場合図95伝送階層構造図のようにC/Nの向上とともにLL、LH、HL、HH信号の階層チャンネルが再生されるようになる。従って送信アンテナからの距離が近づくにつれ、画

61

質が向上する。 $L=L_d$ の時 L 信号、 $L=L_c$ の時 $L+L_H$ 信号、 $L=L_b$ の時 $L+L_H+H_L$ 信号、 $L=L_a$ の時 $L+L_H+H_L+H_H$ 信号が再生される。従って、原信号の帯域を1とすると $1/4$ 、 $1/2$ 、 $3/4$ 、1の帯域の画質が各々の受信地域で得られる。原信号が垂直走査線1000本のHDTVの場合、250本、500本、750本、1000本のTV信号が得られる。このようにして段階的に画質が劣化する階層型映像伝送が可能となる。図96は従来のデジタルHDTV放送の場合の受信妨害図である。図から明らかなように従来方式では C/N が V_0 以下でTV信号の再生は全く不可能となる。従ってサービスエリア距離 R の内側においても他局との競合地域、ビルかげ等では×印で示すように受信できない。図97は本発明を用いたHDTVの階層放送の受信状態図を示す。図97に示すように、距離 L_a で $C/N=a$ 、 L_b で $C/N=b$ 、 L_c で $C/N=c$ 、 L_d で $C/N=d$ となり各々の受信地域で250本、500本、750本、1000本の画質が得られる。距離 L_a 以内でも C/N が劣下し、HDTVの画質そのものでは再生できない地域が存在する。しかし、その場合でも画質が落ちるものの再生はできる。例えばビルかげのB地点では750本、電車内のD地点では250本、ゴーストを受けるF地点では750本、自動車内のG地点では250本、他局との競合地域であるL地点でも250本の画質で再生できる。以上のようにして本発明の階層伝送を用いることにより従来提案されている方式では受信再生できなかった地域でも受信できるようになり、TV局のサービスエリアが大巾に拡大するという著しい効果がある。また、図98の階層伝送図に示すように D_{1-1} チャンネルでその地域のアナログ放送と同じ番組の番組Dを放送し、 D_{1-2} 、 D_{2-1} 、 D_{2-2} チャンネルで他の番組C、B、Aを放送することにより、番組Dのサイマルキャストを全地域で確実に放送し、サイマルキャストの役割を果たしながら他の3つの番組をサービスするという多番組化の効果も得られる。

【0296】(実施例8)以下、第7の実施例を図面にに基づき説明する。実施例8は本発明の階層型伝送方式をセルラー電話システムの送受信機に応用したものである。図115の携帯電話機の送受信機のブロック図においてマイク762から入力された通話者の音声は圧縮部405により前述した階層構造のデータ D_1 、 D_2 、 D_3 に圧縮符号化され、時分割部765においてタイミングに基づき所定のタイムスロットに時間分割され、変調器4において前述のSRQAM等の階層型の変調を受け1つの搬送波にのり、アンテナ共用器764を経てアンテナ22より送信され、後述する基地局で受信され、他の基地局もしくは電話局に送信され、他の電話と交信できる。

【0297】一方、他の電話からの交信信号は基地局からの送信電波としてアンテナ22により受信される。こ

62

の受信信号はSRQAM等の階層型の復調器45において、 D_1 、 D_2 、 D_3 のデータとして復調される。復調信号からはタイミング回路767においてタイミング信号が検出され、このタイミング信号は時分割部765に送られる。復調信号 D_1 、 D_2 、 D_3 は伸長部503において伸長され音声信号になり、スピーカ65に送られ、音声となる。

【0298】次に図116の基地局のブロック図にあるように六角形もしくは円形の3つの受信セル768、769、770、の各中心部にある基地局771、772、773は図115と同様の送受信機761a~761jを複数個もち、送受信機の数と同じチャンネル数のデータを送受信する。各基地局に接続された基地局制御部774は各基地局の通信のトラフィック量を常に監視し、これに応じて各基地局へのチャンネル周波数の割り当てや各基地局の受信セルの大きさの制御等の全体システムのコントロールを行う。

【0299】図117の従来方式の通信容量トラフィック分布図に示すようにQPSK等の従来方式のデジタル通信方式では受信セル768、770の A_{ch} の伝送容量は $d=A$ の図に示すように同波数利用効率 $2\text{ bit}/\text{Hz}$ のデータ774d、774bと $d=B$ の図のデータ774cを合わせたデータ774dなり、どの地点においても $2\text{ bit}/\text{Hz}$ の様な周波数利用効率である。一方、実際の都市部は密集地775a、775b、775cのようにビルの集中したところは人口密度が高く、交信トラフィック量もデータ774eに示すようにピークを示す。周辺のそれ以外の地域では交信量は少ない。実際のトラフィック量TFのデータ774eに対して従来のセルラー電話の容量はデータ774dに示すように全地域、同じ $2\text{ bit}/\text{Hz}$ の周波数効率であった。つまりトラフィック量の少ないところにも多いところと同じ周波数効率を適用しているという効率の悪さがあった。従来方式ではトラフィック量の多い地域には周波数割り当てを多くしチャンネル数を増やしたり、受信セルの大きさを小さくして対応していた。しかし、チャンネル数を増やすには周波数スペクトルの制約があった。また従来方式の16QAM、64QAM等の多値化は送信電力を増加させた。受信セルの大きさを小さくし、セル数を増やすことは基地局の数の増加を招き、設置コストを増大させる。以上の問題点がある。

【0300】理想的にはトラフィック量の多い地域には周波数効率を高くし、トラフィック量の少ない地域には周波数効率を高くし、トラフィック量の少ない地域には低くすることがシステム全体の効率を高められる。本発明の階層型伝送方式の採用により以上のことを実現できる。このことを図118の本発明の実施例8における通信容量・トラフィック分布図を用いて説明する。図118の分布図は上から順に受信セル770B、768、769、770、770aのA-A'線上の通信容量を示

す。受信セル768, 770はチャンネル群A受信セル770b, 769, 770aはチャンネル群Aと重複しないチャンネル群Bの周波数を利用している。これらのチャンネルは各受信セルのトラフィック量に応じて図116の基地局制御器774により、チャンネル数が増減させられる。さて図118において $d=A$ はAチャンネルの通信容量の分布を示す。 $d=B$ はBチャンネルの通信容量、 $d=A+B$ は全チャンネルを加算した通信容量、TFは通信トラフィック量、Pは建物と人口の分布を示す。受信セル768, 769, 770では前の実施例で説明したSRQAM等の多層の階層型伝送方式を用いているためデータ776a, 776b, 776cに示すように、QPSKの周波数利用効率 $2\text{ bit}/\text{Hz}$ の3倍の $6\text{ bit}/\text{Hz}$ を基地局周辺部では得られる。周辺部にいくに従い $4\text{ bit}/\text{Hz}$, $2\text{ bit}/\text{Hz}$ と減少する。送信パワーを増やさないと点線777a, b, cに示すQPSKの受信セルの大きさに比べて $2\text{ bit}/\text{Hz}$ の領域が狭くなるが、基地局の送信パワーを若干上げるにより同等の受信セルの大きさが得られる。64SRQAM対応の子局は基地局から遠いところではSRQAMのシフト量を $S=1$ にした変形QPSKで送受信し、近いところでは16SRQAM、さらに近傍では64SRQAMで送受信する。従ってQPSKに比べて最大送信パワーが増加することはない。また、回路を簡単にした図121のブロック図に示すような4SRQAMの送受信機も互換性を保ちながら他の電話と交信できる。図122のブロック図に示す16SRQAMの場合も同様である。従って3つの変調方式の子機が存在する。携帯電話の場合小型計量性が重要である。4SRQAMの場合周波数利用効率下がると通話料金は高くなるが、回路が簡単になるため小型軽量化が要求されるユーザーには適している。こうして本方式は巾広い用途に対応できる。

【0301】以上のようにして図118の $d=A+B$ のような容量の異なる分布をもつ伝送システムができる。TFのトラフィック量に合わせて基地局を設置することにより、総合的な周波数利用効率が向上するという大きな効果がある。特にセルの小さいマイクロセル方式は多くのサブ基地局を設置できるためサブ基地局をトラフィックの多い個所に設置しやすいため本発明の効果が高い。

【0302】次に図119のデータの時間配置図を用いて各タイムスロットのデータ配置を説明する。図119(a)は従来方式のタイムスロット、図119(b)は実施例8のタイムスロットを示す。図119(a)に示すように従来方式の送受信別周波数方式はDownつまり基地局から子局への送信の時に周波数Aで時間のスロット780aで同期信号Sを送り、スロット780b, 780c, 780dで各々A, B, Cチャンネルの子機への送信信号を送る。次にUpつまり子機から基地局

へ送る場合、周波数Bで時間スロット781a, 781b, 781c, 781dに各々同期信号、a, b, cチャンネルを送信信号する。

【0303】本発明の場合、図119(b)に示すように前述の64SRQAM等の階層型伝送方式を用いているため D_1, D_2, D_3 の各々の $2\text{ bit}/\text{Hz}$ の3つの階層データをもつ。 A_1, A_2 データは16SRQAMで送るためスロット782b, 782cとスロット783b, 783cに示すように約2倍のデータレートとなる。同一音質で送る場合半分の時間で送れる。従ってタイムスロット782b, 782cは半分の時間になる。こうして2倍の伝送容量が図118の776cの第2階層の地域つまり基地局の近傍で得られる。同様にして、タイムスロット782g, 783gでは E_1 データの送受信が64SRQAMで行われる。約3倍の伝送容量をもつため、同一タイムスロットで3倍の E_1, E_2, E_3 の3チャンネルが確保できる。この場合基地局のさらに近傍地域で送受信することが要求される。このようにして最大約3倍の通話が同一周波数帯で得られるという効果がある。但し、この場合は基地局の近傍でこのままの通話が行われた場合で、実際はこの数字より低い。また実際の伝送効率は90%程度に落ちる。本発明の効果を上げるためには、トラフィック量の地域分布と本発明による伝送容量分布が一致することが望ましい。しかし、図118のTFの図に示すように実際の都市においてはビル街を中心として緑地帯が周辺に配置されている。郊外においても住宅地の周辺に田畑や森が配置されている。従ってTFの図に近い分布をしている。従って本発明を適用する効果が高い。

【0304】図120のTDMA方式タイムスロット図で(a)は従来方式(b)は本発明の方式を示す。図120(a)に示すように、同一周波数帯でタイムスロット786a, 786bで各々A, Bチャンネルの子機への送信を行い、タイムスロット787a, 787bで各々A, Bチャンネルの子機からの送信を行う。図120(b)に示すように、本発明の場合16SRQAMの場合スロット788aで A_1 チャンネルの受信を行い、スロット788cで A_1 チャンネルの送信を行う。タイムスロット巾は約 $1/2$ になる。64SRQAMの場合スロット788iで D_1 チャンネルの受信を行い、スロット788lで D_1 チャンネルの送信を行う。タイムスロット巾は約 $1/3$ になる。

【0305】特に消費電力を下げるためにスロット788pにおいて $1/2$ のタイムスロットで16SRQAMの E_1 の受信を行うが、送信はスロット788rで通常のタイムスロット4SRQAMで行う。16SRQAMより4SRQAMの方が消費電力が少ないため、送信時の電力消費が少なくなるという効果がある。ただし、占有時間が長い分だけ通信料金は高くなる。バッテリーの小さい小型軽量の携帯電話やバッテリー残量が少ない時に

効果が高い。

【0306】以上のようにして実際のトラフィック分布に合わせて伝送容量分布を設定できるため実質的な伝送容量が高めることができるという効果がある。また3つのもしくは2つの伝送容量の伝送容量を基地局、子局が選択できるため周波数効率を下げ消費電力を下げたり逆に効率を上げて通話料金を下げたり自由度が高く、様々な効果が得られる。また、伝送容量の低い4SRQAM等の方式により、回路を簡単にして小型化、低コスト化した子機も設定できる。この場合、前の実施例で説明したように全ての機種間の伝送互換性がとれる点が本発明の特徴の一つである。こうして伝送容量の増大とともに超小型機から高性能機までの幅広い機種展開が計れる。

【0307】（実施例9）以下第9の実施例を図面に基づき説明する。実施例9は本発明をOFDM伝送方式に適用したものである。図123のOFDM送受信機のブロック図と図124のOFDMの動作原理図を示す。FDMの一種であるOFDMは隣接するキャリアを直交させることにより、一般のFDMより周波数帯の利用効率が良い。またゴースト等のマルチパス妨害に強い。デジタル音楽放送用やデジタルTV放送用に検討されている。図124のOFDMの原理図に示すようにOFDMの場合入力信号を直列並列変換部791で周波数軸793上にデータを1/t_sの間隔で配置し、サブチャンネル794a～eを作成する。この信号を逆FFT器40をもつ変調器4で時間軸799へ逆FFT変換し、送信信号795を作る。t_sの有効シンボル期間796の間、この逆FFTされた信号は送信され、各シンボルの間にはt_gのガード期間797が設けられる。

【0308】図123のOFDM-CCDMハイブリッド方式のブロック図を用いてHDTV信号を送受信する場合の実施例9の動作を説明する。入力されたHDTV信号は画像エンコーダ401により低域D₁₋₁と（中域-低域）D₁₋₂と（高域-中域-低域）D₂の3層の階層構造の画像信号に分離され、入力部742に入力される。第1データ列入力部743において、D₁₋₁信号はCode gainの高いECC符号化をされ、D₁₋₂信号は通常のコードゲインのECCの符号化をされる。D₁₋₁とD₂₋₂はTDM部743により、時間分割多重化され、D₁信号になり、変調器852aのD₁直列並列変換器791aに入力される。D₁信号はn個の並列データとなり、nヶのC-CDM変調器4a、4b…の第1入力部に入力される。

【0309】一方、高域成分信号のD₂は入力部742の第2データ列入力部744においてECC部744aにおいてECC（Error Correction Code）符号化され、トレリスエンコーダ744bにおいてトレリス符号化され、変調器852aのD₂直列並列器791bに入力され、nヶの並列データとなり、C-CDM変調器4a、

4b…の第2入力部に入力される。第1入力部のD₁データと第2入力部のD₂データにより各々のC-CDM変調器4a、4b、4c…において16SRQAM等にC-CDM変調される。このnヶのC-CDM変調器は各々の異なる周波数のキャリアをもつとともに隣接するキャリアは図124の794a、794b、794c…に示すように直交しながら周波数軸上793上にある。こうして、C-CDM変調されたnヶの変調信号は、逆FFT回路40により、周波数軸ディメンジョン793から時間軸のディメンジョン790に写像され、t_sの実効シンボル長の時間信号796a、796b等になる。実効シンボル時間帯796aと796bの間にはマルチパス妨害を減らすためT_g秒のガード時間帯797aが設けられている。これを時間軸と信号レベルで表現したものが、図129の時間軸-信号レベル図であり、ガード時間帯797aのT_gはマルチパスの影響時間から用途に応じて決定される。TVゴースト等のマルチパスの影響時間より長くT_gを設定することにより受信時に逆FFT回路40からの変調信号は並列直列コンバータ40bにより、一つの信号となり送信部5により、RF信号となり送信される。

【0310】次に、受信機43の動作を述べる。図124の時間軸シンボル信号796eに示す。受信信号は図123の入力部24に入力され、変調部852bに入力され、デジタル化され、FFT部40aにより、フーリエ係数に展開され、図124に示すように時間軸799から周波数軸793aに写像される。図124の時間軸シンボル信号から、周波数軸の信号のキャリア794a、794b等に変換される。これらのキャリアは互いに直交しているため、各々の変調信号が分離できる。図125（b）に示す16SRQAM等が復調され、各々のC-CDM復調器45a、45b等に送られる。そして、C-CDM復調器45の各々のC-CDM復調部45a、b等において、階層型に復調されD₁、D₂のサブ信号が復調され、D₁並列直列コンバータ852aとD₂並列直列コンバータ852bにより、直列信号となり元のD₁、D₂信号が復調される。この場合、図125（b）に示すようなC-CDMを用いた階層伝送方式を用いているため、C/N値の悪い受信条件では、D₁信号のみが復調され、よい受信条件では、D₁とD₂信号の両方が復調される。復調されたD₁信号は出力部757において復調される。D₁₋₂信号に比べてD₁₋₁信号エラー訂正のコードゲインが高いため、D₁₋₁信号のエラー信号がより受信条件の悪い条件でも再生される。D₁₋₁信号は第1-1画像デコーダ402cによりLDTVの低域信号となり、D₁₋₂信号は第1-2画像デコーダ402dによりEDTVの中域成分の信号となり、出力される。

【0311】D₂信号はトレリス復号され、第2画像デコーダ402bにより、HDTVの高域成分となり出力

される。上記の低域信号のみではLDTVが出力され、上記中域成分を加えることにより、ワイドNTSCグレードのEDTV信号が出力され、さらに上記高域成分を加えることによりHDTV信号が合成される。前の実施例と同様、受信C/Nに応じた画質のTV信号が受信できる。実施例9の場合はOFDMとC-CDMを組み合わせることで、OFDMそのものでは、実現できない階層型伝送を実現できる。図130のエラーレートC/Nに示すように従来のOFDM-TCM変調信号の曲線805に対して、本発明のC-CDM-OFDM方式はサブチャンネル1 807aはエラーレートが下がりサブチャンネル2 807bはエラーレートが上がる。こうして階層型が実現する。

【0312】OFDMは確かにガード期間T_g中にマルチパスの干渉信号を収めているためTVゴースト等のマルチパスに強い。従って、自動車のTV受信機用のデジタルTV放送用に用いることができる。しかし、階層型伝送ではないため、ある一定のC/Nのスレシールド以下では受信できない。本発明のC-CDMと組み合わせることにより、マルチパスに強くかつC/Nの劣化に応じた画像受信(Gratidional Degradation)の2つが実現できる。自動車内でTV受信をする時、単にマルチパスだけでなくC/N値も劣化する。従ってマルチパス対策だけではTV放送局のサービスエリアはさほど広がらない。しかし、階層型伝送のC-CDMと組み合わせることにより、C/Nがかなり劣化してもLDTVグレードで受信できる。一方、自動車用TVの場合、画面サイズは通常100寸以下であるため、LDTVグレードで充分な画質が得られる。自動車TVのLDTVグレードのサービスエリアが大巾に拡大するという効果がある。OFDMをHDTVの全帯域に使うと現時点の半導体技術ではDSPの回路規模が大きくなる。そこで低域TV信号のD₁₋₁のみをOFDMで送る方法を示す。図138のブロック図に示すように、HDTVの中域成分と高域成分のD₁₋₂とD₂信号の2つを本発明のC-CDM多重化し、FDM40Dにより周波数帯Aで送信する。一方受信機側で受信した信号はFDM40eにより周波数分離され、本発明のC-CDM復調器4bで復調され、図123と同様にしてHDTVの中域成分と高域成分が再生される。この場合の画像デコーダーの動作は実施例1, 2, 3と同じであるため省略する。

【0313】次にHDTVのMPEG1グレードの低域信号であるD₁₋₁信号は直列並列コンバーター791により並列信号となりOFDM変換器852Cの中でQPSKや16QAMの変調を受け、逆FFT器40により時間軸の信号に変換されFDM40dにより周波数帯Bで送信される。

【0314】一方、受信機43で受信された信号はFDM部40eにおいて周波数分離され、OFDM復調部852dにおいてFFT40aにより多くの周波数軸の信

号となり、各々の復調器45a, 45b等により復調され、並列直列コンバーター852aによりD₁₋₁信号が復調され、図123と同様にして、LDTVグレードのD₁₋₁信号が受信機43から出力される。

【0315】こうして、LDTV信号のみがOFDMされた階層伝送が実現する。図138の方法を用いることにより、OFDMの複雑な回路はLDTV信号のみでよい。HDTV信号に比べてLDTV信号は1/20のビットレートである。従ってOFDMの回路規模は1/20になり、全体の回路規模は大巾に小さくなる。

【0316】OFDMはマルチパスに強い伝送方式で携帯TVや自動車TVの受信時や自動車のデジタル音楽放送受信時のような移動局でマルチパス妨害が大きく、かつ変動する用途を主目的として応用されようとしている。このような用途においては4インチから8インチの10インチ以下の小さい画面サイズが主流である。従ってHDTVやEDTVのような高解像度TV信号全てをOFDM変調する方式はかかる費用の割には効果が低く、自動車TV用にはLDTVグレードのTV信号の受信で充分である。一方、家庭用TVのような固定局においてはマルチパスが常に一定であるため、マルチパス対策がとりやすい。このため強ゴースト地域以外はOFDMの効果は高くない。HDTVの中高域成分にOFDMを用いることはOFDMの回路規模が大きい現状では得策でない。従って本発明の図138に示すOFDMを低域TV信号のみに使用する方法は、自動車等の移動局において受信されるLDTVのマルチパス妨害を大巾に軽減するというOFDMの効果を失なわないで、OFDMの回路規模を1/10以下に大巾に削減できるという大きな効果がある。

【0317】なお、図138ではD₁₋₁のみをOFDM変調しているがD₁₋₁とD₁₋₂をOFDM変調することもできる。この場合、D₁₋₁とD₁₋₂はC-CDMの2階層伝送ができるため、自動車等の移動体においてもマルチパスに強い階層型放送が実現し、移動体において、LDTVとSDTVが受信レベルやアンテナ感度に応じた画質の画像が受信できるというGratidional Degradationの効果が生まれる。

【0318】こうして本発明の階層伝送が可能となり、前述した様々な効果が得られる。OFDMの場合特にマルチパスに強い本発明の階層伝送と組み合わせることによりマルチパスに強くかつ受信レベルの劣化に応じたデータ伝送グレードの劣化が得られるという効果が得られる。

【0319】階層構造型伝送方式を実現する方法として、図126(a)に示すように、おFDMの各サブチャンネル794a~cを第1層801aとしサブチャンネル794d~fを第2層801bとし中間にfgなる周波数ガード帯802aを設け、図126(b)に示すようにPgなる電力差802bを設けることにより、第

1層801aと第2層801bの送信電力を差別化できる。

【0320】これを利用すると、前に説明した図108(d)に示すようにアナログTV放送に妨害を与えない範囲で第1層801aの電力を増やすことができる。この場合図108(e)に示すように第1層801aの受信可能なC/N値のスレシホールド値は第2層801bに比べて低くなる。従って信号レベルの低い地域やノイズの多い地域においても第1層801aの受信が可能となるという効果が得られる。図147に示すように二層の階層伝送が実現する。これをPower-Weighted-OFDM方式(PW-OFDM)と本文では呼ぶ。この本実施例のPW-OFDMに前述の本発明のC-CDM方式を組み合わせることにより、図108(e)に示すように階層は増え3層になり、より受信可能地域が広がるという効果がある。

【0321】具体的な回路は、図144に示すように第1層データは第1データ列回路791aを介して振幅の大きい変調器4a~4cでキャリア $f_1 \sim f_3$ で逆FFT40によりOFDM変調し、第2層データは第2データ列回路791bを介して通常の振幅の変調器4d~4fでキャリア $f_6 \sim f_8$ で逆FFT40によりOFDM変調し送信する。

【0322】受信信号は受信機43のFFT40aにより $f_1 \sim f_n$ のキャリアをもつ信号に分離され、キャリア $f_1 \sim f_3$ は復調器45a~45cにより第1データ列D₁つまり第1層801aが復調され、キャリア $f_6 \sim f_8$ からは第2データ列D₂つまり第2層801bが復調される。

【0323】第1層801aの電力は大きいと信号の弱い地域においても受信できる。こうしてPW-OFDMにより、2層の階層型伝送が実現する。PW-OFDMをC-CDMと組み合わせると3~4層の階層が実現する。なお図144の他の動作は図123のブロック図の場合と動作が同じであるため説明を省略する。

【0324】さて、次に本発明のTime-Weighted-OFDM(TW-OFDM)方式の階層化方式について述べる。OFDM方式は前に述べたように、ガード時間帯 t_g があるため、ゴーストつまりマルチパス信号の遅延時間 t_m が $t_m < t_g$ の条件式を満たせばゴーストの影響をなくすることができる。一般家庭のTV受信機のような固定局では t_m は数 μs と小さく、また、一定であるためキャンセルし易い。しかし、車載TV受信機のように移動局の場合は反射波が多いため、 t_m は大きく数十 μs 近くになるだけでなく、移動に伴い変化するためキャンセルが難しい。従ってマルチパスに対する階層化が必要になることが予想される。

【0325】本実施例の階層化の方法を述べると、図146に示すように第A層のガード時間 t_{ga} を第B層のガード時間 t_{gb} に比べて大きくとることによりA層のサブチャンネルのシンボルはゴーストに対して強くな

る。こうしてガード時間のWeightingによりマルチパスに対する階層型伝送が実現する。この方式をGuard-Time-Weighted-OFDM(GTW-OFDM)と呼ぶ。さらに第A層と第B層のシンボル時間 T_s のシンボル数を同じ数に設定した場合、Aのシンボル時間 t_{sa} をBのシンボル時間 t_{sb} より大きくとる。するとこれにより周波数軸においてA、Bのキャリアの間隔をそれぞれ Δf_a 、 Δf_b とすると $\Delta f_a > \Delta f_b$ である。このためBのシンボルに比べて、Aのシンボルを復調した場合のエラーレートは低くなる。こうしてシンボル時間 T_s のWeightingの差別化により第A層と第B層のマルチパスに対する2層の階層化が実現する。この方式をCarrier-Spacing-Weighted-OFDM(CSW-OFDM)と呼ぶ。GTW-OFDMを用いて2層の階層伝送を実現し、第A層にて低解像度のTV信号を、第B層で高域成分を送信することにより、車載TV受信機のようにゴーストの多い条件の受信でも低解像度TVの安定した受信が可能となる。またCSW-OFDMを用いたシンボル時間 t_s の差別化により第A層と第B層のC/Nに対する階層化をGTW-OFDMとを組み合わせることにより受信信号レベルの低い車載TVにおいてさらに安定した受信ができるという大きな効果が実現する。車載用途や携帯用途のTVにおいては高い解像度は要求されない。低解像度TV信号を含むシンボル時間の時間比率は小さいため、このガード時間のみを長くすることは全体の伝送効率をあまり下げない。従って本実施例のGTW-OFDMを用いて低解像度TV信号に重点を置いてマルチパス対策をすることにより伝送効率に殆ど影響を与えないで携帯TVや車載TVのような移動局と、家庭のTVのような固定局とを両立させた階層型TV放送を実現するという大きな効果がある。この場合前述のようにCSW-OFDMやC-CDMと組み合わせることによりC/Nにたいする階層化が加わりさらに安定した移動局の受信が可能となる。

【0326】具体的にマルチパスの影響を説明すると、図145(a)に示すように遅延時間が短いマルチパス810a~dの場合は第1送と第2層の信号が受信でき、HDTVの信号が復調できる。しかし、図145(b)に示すように長いマルチパス811a~dの場合は、第2層のB信号のガード時間、 T_{gb} が短いため復調できなくなる。この場合、第1層のA信号はガード時間 T_{ga} が長いため、遅延時間の長いマルチパスの影響を受けない。前述のようにB信号にはTVの高域成分が含まれており、A信号にはTVの低域成分が含まれているため、例えば車載用TVではLDTVが再生できる。さらに第1層のシンボル時間 T_{sa} を T_{sb} より大きくとっているためC/Nの劣化にも第1層は強い。

【0327】こうしてガード時間とシンボル時間の差別化をすることにより、OFDMの二次元の階層化が簡単な構成で可能となる。図123のような構成でガード時間差別化とC-CDMと組み合わせることにより、マルチパスとC/N値劣化の双方の階層化が計れる。

【0328】ここで具体的な例を用いて詳しく述べる。マルチパス遅延時間 T_m は、 D/U 比が小さい程、直接波より反射波が多くなり、大きくなる。例えば図148に示すように $D/U < 30\text{ dB}$ では反射波の影響が大きくなり $30\mu\text{s}$ 以上になる。図148に示すように $50\mu\text{s}$ 以上の T_g をとることにより、一番悪い条件でも受信できる。従って図149(a)に具体的に示すようにTV信号1secに対して図149(b)に示す2msの周期のうち、各シンボルを第1層801a、第2層801b、第3層801cの3つの階層のグループに分け、図149(c)に示す。各々のグループのガード時間797a、797b、797cつまり T_{ga} 、 T_{gb} 、 T_{gc} を例えば $50\mu\text{s}$ 、 $5\mu\text{s}$ 、 $1\mu\text{s}$ と重みづけをして設定することにより図150に示すような階層801a、801b、801cの3つの階層のマルチパスに関する階層型放送が実現する。全ての画質に対してGTW-OFDMを適用すると当然伝送効率は落ちてしまう。しかし、情報量の少ないLDTVの画質信号のみにGTW-OFDMのマルチパス対策をすることにより全体の伝送効率があまり落ちないという効果がある。特に第1層801aではガード時間 T_g を $30\mu\text{s}$ 以上の $50\mu\text{s}$ にとっているため、車載用TV受信機でも受信できる。回路は図127のブロック図に示したものをを用いる。特に車載用TVはLDTVグレードの画質で良いためMPEG1クラスの1Mbps程度の伝送容量でよい。従って図149に示したようにシンボル時間796aTsを2msの周期に対して $200\mu\text{s}$ とれば2Mbpsとれるため良く、さらにシンボルレートを半分に下げても1Mbps近くになり、LDTVグレードの画質が得られるため本発明のCSW-OFDMにより伝送効率は若干落ちるがエラーレートが低くなる。特に本発明のC-CDMをGTW-OFDMと組み合わせた場合、伝送効率が低下しないため効果がさらに高い。図149では同じシンボル数に対してシンボル時間796a、796b、796cを $200\mu\text{s}$ 、 $150\mu\text{s}$ 、 $100\mu\text{s}$ に差別化している。従って第1層、第2層、第3層の順にエラーレートが高くなってゆく階層型伝送となっている。

【0329】同時にC/Nに対しても階層型伝送が実現する。図151に示すようにCSW-OFDMとCSW-OFDMの組み合わせにより、マルチパスとC/Nの2次元の階層型伝送が実現する。前述のようにCSW-OFDMと本発明のC-CDMを組み合わせても実現でき、この場合全体の伝送効率の低下が少ないという効果がある。第1層801aおよび第1-2層851a、第1-3層851aではマルチパス T_m が大きくかつC/Nが低い用途例えば車載用TVReceiverにおいてもLDTVグレードの安定した受信ができる。第2層801bと第2-3層851bではサービスエリアのフリンジエリアのようにC/Nが低く、ゴーストの多い受

信地域の固定局において標準解像度のSDTVグレードの受信ができる。サービスエリアの半分以上を占める第3層801cではC/Nが高く、直接波が大きくゴーストが少ないためHDTVグレードの画質で受信できる。こうしてC/Nとマルチパスの2次元の階層型放送が実現する。このように大きな効果が本発明のGTW-OFDMとC-CDMの組み合わせまたは、GTW-OFDMとCSW-C-CDMの組み合わせにより得られる。従来はC/Nに対する階層型放送方式が提案されているが、本発明により、C/Nとマルチパスの2次元のマトリクス型の階層型放送が実現する。

【0330】C/Nの3層とマルチパスの3層の2次元の階層型放送の具体的なHDTV、SDTV、LDTVの3階層のTV信号の時間配置図を図152に示す。図に示すように1番マルチパスに強いA層の第1階層の $\lambda 796a1$ にはLDTVを配置し、次にマルチパスに強い $\lambda 796a2$ やC/N劣化に強い $\lambda 796b1$ にはSDTVの同期信号やアドレス信号等の重要なHP信号を配置する。B層の第2層、3層にはSDTVの一般信号つまりLP信号や、HDTVのHP信号を配置する。C層には1、2、3層にSDTV、EDTV、HDTV等の高域成分TV信号を配置する。

【0331】この場合CN劣化やマルチパスに強くすればするほど伝送レートが落ちるためTV信号の解像度が減少し、図153に示すように3次元のGraceful Degradationが実現するという従来にない効果が本発明により得られる。図153はCNR、マルチパス遅延時間、伝送レートの3つのパラメーターにより本発明の3次元構造の階層型放送を表現したものである。

【0332】本発明のGTW-OFDMと前述の本発明のC-CDMの組み合わせまたは、GTW-OFDMとCSW-C-CDMの組み合わせにより2次元の階層構造が得られる例を用いて実施例を説明したがGTW-OFDMとPower-Weighted-OFDMの組み合わせや、GTW-OFDMと他のCNRの階層伝送方式と組み合わせても2次元の階層型放送は実現する。

【0333】本発明の階層型伝送方式の一つの特徴は周波数利用効率を向上させるものであるが一部の受信機にとっては電力利用効率がかかなり低下する。従って全ての伝送システムに適用できるものではない。例えば特定受信者間の衛星通信システムならその時期に得られる最高の周波数利用効率と最高の電力利用効率の機器にとりかえるのが最も経済性が高い方法である。このような場合必ずしも本発明を使う必要はない。

【0334】しかし、衛星放送方式や地上放送方式の場合は本発明のような階層型伝送方式が必要である。なぜなら衛星放送の規格の場合50年以上の永続性が求められる。この期間、放送規格は変更されないが技術革新に伴い衛星の送信電力は飛躍的に向上する。放送局は数十

年後の将来において現時点においても製造された受信機がTV番組を受信視聴できるように互換性のある放送を行わなければならない。本発明を用いると既存のNTSC放送とHDTV放送との互換性と将来の情報伝送量の拡張性という効果が得られる。

【0335】本発明は電力効率よりも周波数効率を重視したものであるが、受信機側に各伝送段階に応じて設計受信感度を設けた各々、何種類かの受信機を設定することにより送信機の電力をさほど増やす必要はなくなる。このため現在の電力の小さい衛星でも充分送信可能である。また将来、送信電力が増大した場合でも同一の規格で伝送できるため将来の拡張性と、新旧の受信機との間の互換性が得られる。以上述べたように本発明は衛星放送規格に用いた場合、顕著な効果がえられる。

【0336】また本発明の階層型伝送方式を地上放送に用いた場合、電力利用効率を全く考慮する必要がないため衛星放送より本発明は実施しやすい。前述のように従来のデジタルHDTV放送方式では存在したサービスエリア内の受信不能地域を大巾に減少させるという顕著な効果と前述のNTSCとHDTV受信機もしくは受像機の両立性の効果がある。またTV番組のスポンサーからみた場合のサービスエリアが実質的に拡大するという効果もある。なお、実施例ではQPSKと16QAMと32QAMの変調方式を用いた例を用いて説明したが、64QAMや128QAMや256QAM等に適用できることはいうまでもない。また、図を用いて説明したように多値のPSKやASKやFSKに適用できることもいうまでもない。本発明とTDMを組み合わせることもできる。

【0337】本発明の階層型伝送方式の一つの特徴は周波数利用効率を向上させるものであるが一部の受信機にとっては電力利用効率がかかなり低下する。従って全ての伝送システムに適用できるものではない。例えば特定受信者間の衛星通信システムならその時期に得られる最高の周波数利用効率と最高の電力利用効率の機器にとりかえるのが最も経済性が高い方法である。このような場合必ずしも本発明を使う必要はない。

【0338】しかし、衛星放送方式や地上放送方式の場合は本発明のような階層型伝送方式が必要である。なぜなら衛星放送の規格の場合50年以上の永続性が求められる。この期間、放送規格は変更されないが技術革新に伴い衛星の送信電力は飛躍的に向上する。放送局は数十年後の将来において現時点においても製造された受信機がTV番組を受信視聴できるように互換性のある放送を行わなければならない。本発明を用いると既存のNTSC放送とHDTV放送との互換性と将来の情報伝送量の拡張性という効果が得られる。

【0339】本発明は電力効率よりも周波数効率を重視したものであるが、受信機側に各伝送段階に応じて設計

受信感度を設けた各々、何種類かの受信機を設定することにより送信機の電力をさほど増やす必要はなくなる。このため現在の電力の小さい衛星でも充分送信可能である。また将来、送信電力が増大した場合でも同一の規格で伝送できるため将来の拡張性と、新旧の受信機との間の互換性が得られる。以上述べたように本発明は衛星放送規格に用いた場合、顕著な効果がえられる。

【0340】また本発明の階層型伝送方式を地上放送に用いた場合、電力利用効率を全く考慮する必要がないため衛星放送より本発明は実施しやすい。前述のように従来のデジタルHDTV放送方式では存在したサービスエリア内の受信不能地域を大巾に減少させるという顕著な効果と前述のNTSCとHDTV受信機もしくは受像機の両立性の効果がある。またTV番組のスポンサーからみた場合のサービスエリアが実質的に拡大するという効果もある。なお、実施例では16QAMと32QAMの変調方式を用いた例を用いて説明したが、64QAMや128QAMや256QAM等に適用できることはいうまでもない。また、図を用いて説明したように多値のPSKやASKやFSKに適用できることもいうまでもない。

【0341】

【発明の効果】以上のように本発明は、信号入力部と、位相の異なる複数の搬送波を上記入力部からの入力信号により変調し信号ベクトル図上になる m 値の信号点を発生させる変調部と、変調信号を送信する送信部からなりデータ伝送を行う伝送装置において n 値の第1データ列と第2データ列を入力し、上記信号を n 個の信号点群に分割し、該信号点群の各々第1データ列のデータに割りあて上記信号点群の中の各信号点に第2データ群の各データを割りあて、送信する送信機により信号を送信し、該送信信号の入力部と、信号スペースダイアグラム上で p 値の信号点のQAM変調波を復調する復調器と出力部を有する受信装置において上記信号点を n 値の信号点群に分割し、各信号点群 n 値の第1データ列を対応させて復調し、信号点群の中の略々 p/n 値の信号点に p/n 値の第2データ列のデータを復調再生し、受信装置を用いてデータを伝送することにより、例えば送信機1の変調器4により、 n 値の第1データ列と第2データ列と第3データ列を信号点群にデータを割りあてて変形 m 値のQAM変調信号を送信し、第1受信機23では、復調器25により n 値の第1データ列を、第2受信機33では第1データ列と第2データ列を、第3受信機43では第1データ列、第2データ列、第3データ列を復調することにより、効果として最大 m 値のデータを変調した多値変調波を $n < m$ なる n 値の復調能力しかない受信機でも n 値のデータを復調可能とした両立性と発展性のある伝送装置が得られる。さらに、QAM方式の信号点のうち最も原点に近い信号点とI軸もしくはQ軸との距離を f とした場合、この距離が $n > 1$ なる $n f$ となるように上記信

号点をシフトさせることにより、階層型の伝送が可能となる。

【0342】この伝送系にNTSC信号を第1データ列、HDTVとNTSCとの差信号を第2データ列として送信することにより、衛星放送においてはNTSC放送とHDTV放送との両立性があり、情報量の拡張性の高いデジタル放送が可能となり、地上放送においてはサービスエリアの拡大と受信不能地域の解消という顕著な効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例における伝送装置のシステム全体を示す構成図

【図2】本発明の実施例1の送信機1のブロック図

【図3】本発明の実施例1の送信信号のベクトル図

【図4】本発明の実施例1の送信信号のベクトル図

【図5】本発明の実施例1の信号点へのコードの割り当て図

【図6】本発明の実施例1の信号点群へのコーディング図

【図7】本発明の実施例1の信号点群の中の信号点へのコーディング図

【図8】本発明の実施例1の信号点群と信号点へのコーディング図

【図9】本発明の実施例1の送信信号の信号点群の閾値状態図

【図10】本発明の実施例1の変形16値QAMのベクトル図

【図11】本発明の実施例1のアンテナ半径 r_2 と送信電力比 n との関係図

【図12】本発明の実施例1の変形64値QAMの信号点の図

【図13】本発明の実施例1のアンテナ半径 r_3 と送信電力比 n との関係図

【図14】本発明の実施例1の変形64値QAMの信号群と副信号点群のベクトル図

【図15】本発明の実施例1の変形64値QAMの比率 A_1 、 A_2 の説明図

【図16】本発明の実施例1のアンテナ半径 r_2 、 r_3 と送信電力比 n_{16} 、 n_{64} の関係図

【図17】本発明の実施例1のデジタル送信機のブロック図

【図18】本発明の実施例1の4PSK変調の信号スペースダイアグラム図

【図19】本発明の実施例1の第1受信機のブロック図

【図20】本発明の実施例1の4PSK変調の信号スペースダイアグラム図

【図21】本発明の実施例1の第2受信機のブロック図

【図22】本発明の実施例1の変形16値QAMの信号ベクトル図

【図23】本発明の実施例1の変形64値QAMの信号

ベクトル図

【図24】本発明の実施例1のフローチャート

【図25】(a)は本発明の実施例1の8値QAMの信号ベクトル図

(b)は本発明の実施例1の16値QAMの信号ベクトル図

【図26】本発明の実施例1の第3受信機のブロック図

【図27】本発明の実施例1の変形64値QAMの信号点の図

10 【図28】本発明の実施例1のフローチャート

【図29】本発明の実施例3における伝送システムの全体の構成図

【図30】本発明の実施例3の第1画像エンコーダのブロック図

【図31】本発明の実施例3の第1画像デコーダのブロック図

【図32】本発明の実施例3の第2画像デコーダのブロック図

【図33】本発明の実施例3の第3画像デコーダのブロック図

20 【図34】本発明の実施例3の D_1 、 D_2 、 D_3 信号の時間多重化の説明図

【図35】本発明の実施例3の D_1 、 D_2 、 D_3 信号の時間多重化の説明図

【図36】本発明の実施例3の D_1 、 D_2 、 D_3 信号の時間多重化の説明図

【図37】本発明の実施例4における伝送装置のシステム全体の構成図

30 【図38】本発明の実施例3における変形16QAMの信号点のベクトル図

【図39】本発明の実施例3における変形16QAMの信号点のベクトル図

【図40】本発明の実施例3における変形64QAMの信号点のベクトル図

【図41】本発明の実施例3の時間軸上の信号配置図

【図42】本発明の実施例3のTDMA方式の時間軸上の信号配置図

【図43】本発明の実施例3の搬送波再生回路のブロック図

40 【図44】本発明の実施例3の搬送波再生の原理図

【図45】本発明の実施例3の逆変調方式の搬送波再生回路のブロック図

【図46】本発明の実施例3の16QAM信号の信号点配置図

【図47】本発明の実施例3の64QAM信号の信号点配置図

【図48】本発明の実施例3の16通倍方式の搬送波再生回路のブロック図

50 【図49】本発明の実施例3の D_{V1} 、 D_{H1} 、 D_{V2} 、 D_{H2} 、 D_{V3} 、 D_{H3} 信号の時間多重化の説明図

【図50】本発明の実施例3のDv1、DH1、Dv2、DH2、Dv3、DH3信号のTDMA方式の時間多重化の説明図

【図51】本発明の実施例3のDv1、DH1、Dv2、DH2、Dv3、DH3信号のTDMA方式の時間多重化の説明図

【図52】本発明の実施例4における従来方式の受信妨害領域図

【図53】本発明の実施例4における階層型放送方式の場合の受信妨害領域図

【図54】本発明の実施例4における従来方式の受信妨害領域図

【図55】本発明の実施例4における階層型放送方式の場合の受信妨害領域図

【図56】本発明の実施例4におけるデジタル放送局2局の受信妨害領域図

【図57】本発明の実施例5における変形4ASK信号の信号点配置図

【図58】本発明の実施例5における変形4ASKの信号点配置図

【図59】(a)は本発明の実施例5における変形4ASKの信号点配置図

(b)は本発明の実施例5における変形4ASKの信号点配置図

【図60】本発明の実施例5における低いC/N値の場合の変形4ASK信号の信号点配置図

【図61】本発明の実施例5における送信機のブロック図

【図62】(a)は本発明の実施例5におけるASK変調信号の周波数分布図

(b)は本発明の実施例5におけるASK変調信号の周波数分布図

【図63】本発明の実施例5における受信機のブロック図

【図64】本発明の実施例5における映像信号送信機のブロック図

【図65】本発明の実施例5におけるTV受信機全体のブロック図

【図66】本発明の実施例5における別のTV受信機のブロック図

【図67】本発明の実施例5における衛星・地上TV受信機のブロック図

【図68】本発明の実施例5における8値ASK信号の信号点配置図

【図69】本発明の実施例5における画像エンコーダの別のブロック図

【図70】本発明の実施例5における分離回路1つの画像エンコーダのブロック図

【図71】本発明の実施例5における画像デコーダのブロック図

【図72】本発明の実施例5における合成器1つの画像デコーダのブロック図

【図73】本発明による実施例5の送信信号の時間配置図

【図74】(a)は本発明による実施例5の画像デコーダのブロック図

(b)は本発明による実施例5の送信信号の時間配置図

【図75】本発明による実施例5の送信信号の時間配置図

10 【図76】本発明による実施例5の送信信号の時間配置図

【図77】本発明による実施例5の送信信号の時間配置図

【図78】本発明による実施例5の画像デコーダのブロック図

【図79】本発明による実施例5の3階層の送信信号の時間配置図

【図80】本発明による実施例5の画像デコーダのブロック図

20 【図81】本発明による実施例5の送信信号の時間配置図

【図82】本発明による実施例5のD1の画像デコーダのブロック図

【図83】本発明による実施例5の周波数変調信号の周波数-時間図

【図84】本発明による実施例5の磁気記録再生装置のブロック図

【図85】本発明による実施例2のC/Nと階層番号の関係図

30 【図86】本発明による実施例2の伝送距離とC/Nの関係図

【図87】本発明による実施例2の送信機のブロック図

【図88】本発明による実施例2の受信機のブロック図

【図89】本発明による実施例2のC/N-エラーレートの関係図

【図90】本発明による実施例5の3階層の受信妨害領域図

【図91】本発明による実施例6の4階層の受信妨害領域図

40 【図92】本発明による実施例6の階層伝送図

【図93】本発明による実施例6の分離回路のブロック図

【図94】本発明による実施例6の合成部のブロック図

【図95】本発明による実施例6の伝送階層構造図

【図96】従来方式のデジタルTV放送の受信状態図

【図97】本発明による実施例6のデジタルTV階層放送の受信状態図

【図98】本発明による実施例6の伝送階層構造図

50 【図99】本発明による実施例3の16SRQAMのベクトル図

【図100】本発明による実施例3の32SRQAMのベクトル図
 【図101】本発明による実施例3のC/N-エラーレートの関係図
 【図102】本発明による実施例3のC/N-エラーレートの関係図
 【図103】本発明による実施例3のシフト量nと伝送に必要なC/Nの関係図
 【図104】本発明による実施例3のシフト量nと伝送に必要なC/Nの関係図
 【図105】本発明による実施例3の地上放送時の送信アンテナからの距離と信号レベルとの関係図
 【図106】本発明による実施例3の32SRQAMのサービスエリア図
 【図107】本発明による実施例3の32SRQAMのサービスエリア図
 【図108】(a)従来のTV信号の周波数分布図
 (b)従来の二階層のTV信号の周波数分布図
 (c)本発明の実施例3のスレシホールド値を現す図
 (d)実施例9の2階層のOFDMのキャリア群の周波数分布図
 (e)実施例9の3改装のOFDMの3つのスレシホールド値を示す図
 【図109】本発明による実施例3のTV信号時間配置図
 【図110】本発明による実施例3のC-CDMの原理図
 【図111】本発明による実施例3の符号割り当て図
 【図112】本発明による実施例3の36QAMを拡張した場合の符号割り当て図
 【図113】本発明による実施例5の変調信号周波数配置図
 【図114】本発明による実施例5の磁気記録再生装置のブロック図
 【図115】本発明による実施例7の携帯電話の送受信機のブロック図
 【図116】本発明による実施例7の基地局のブロック図
 【図117】従来方式の通信容量とトラフィックの分布図
 【図118】本発明による実施例7の通信容量とトラフィックの分布図
 【図119】(a)従来方式のタイムスロット配置図
 (b)本発明による実施例7のタイムスロット配置図
 【図120】(a)従来方式のTDMA方式タイムスロット配置図
 (b)本発明による実施例7のTDMA方式タイムスロット配置図
 【図121】本発明による実施例7の1階層の送受信機のブロック図

【図122】本発明による実施例7の2階層の送受信機のブロック図
 【図123】本発明による実施例8のOFDM方式送受信機のブロック図
 【図124】本発明による実施例8のOFDM方式の動作原理図
 【図125】(a)従来方式の変調信号の周波数配置図
 (b)本発明による実施例8の変調信号の周波数配置図
 【図126】(a)実施例9におけるOFDMのWeightingしない状態を示す図
 (b)実施例9における送信電力によりWeightingした2階層のOFDMの2つのサブチャンネルを示す図
 (c)実施例9におけるキャリア間隔を二倍にWeightingしたOFDMの周波数分布図
 (e)実施例9におけるWeightingしないキャリア間隔のOFDMの周波数分布図
 【図127】本発明による実施例9の送受信機のブロック図
 【図128】実施例5のトレリスエンコーダーのブロック図
 【図129】実施例9の実効シンボル期間とガード期間の時間配置図
 【図130】従来例と実施例9のC/N対エラーレートの関係図
 【図131】実施例5の磁気記録再生装置のブロック図
 【図132】実施例5の磁気テープ上のトラックの記録フォーマットとヘッドの走行図
 【図133】実施例3の送受信機のブロック図
 【図134】従来例の放送方式の周波数配置図
 【図135】実施例3の3層の階層型伝送方式を用いた場合のサービスエリアと画質の関係図
 【図136】実施例3の階層型伝送方式とFDMを組み合わせた場合の周波数配置図
 【図137】実施例3におけるトレリス符号化を用いた場合の送受信機のブロック図
 【図138】実施例9における1部の低域信号をOFDMで伝送する場合の送受信機のブロック図
 【図139】実施例1における8-PS-APSKの信号点配置図
 【図140】実施例1における16-PS-APSKの信号点配置図
 【図141】実施例1における8-PS-PSKの信号点配置図
 【図142】実施例1における16-PS-PSK(P S型)の信号点配置図
 【図143】実施例1における衛星アンテナの半径と伝送容量との関係図
 【図144】実施例9におけるWeighted OFDM送受信機のブロック図
 【図145】(a)実施例9におけるマルチパスの短い

場合のガード時間、シンボル時間階層型 OFDM の波形図

(b) 実施例 9 におけるマルチパスの長い場合のガード時間、シンボル時間階層型 OFDM の波形図

【図 146】(a) 実施例 9 におけるガード時間、シンボル時間階層型 OFDM の原理図

【図 147】実施例 9 における電力重み付けによる 2 階層伝送方式のサブチャンネル配置図

【図 148】実施例 9 における D/V 化とマルチパス遅延時間とガード時間の関係図

【図 149】(a) 実施例 9 における、各階層のタイムスロット図

(b) 実施例 9 における、各階層のガード時間の時間分布図

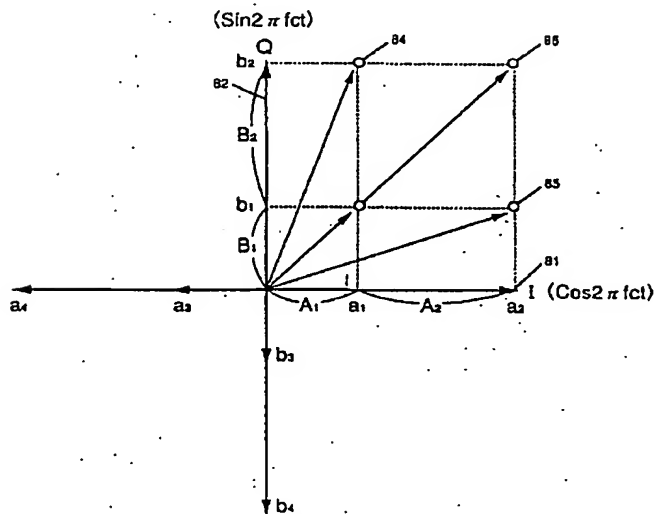
(c) 実施例 9 における、各階層のガード時間の時間分布図

【図 150】実施例 9 のマルチパス遅延時間と伝送レート図の関係図におけるマルチパスに対する 3 階層の階層型放送方式の説明図

【図 151】実施例 9 の GTW-OFDM と C-CDM (又は CSW-OFDM) を組み合わせた場合の、遅延時間と CN 値の関係図における 2 次元マトリクス構造の階層型放送方式の説明図

【図 152】実施例 9 の GTW-OFDM と C-CDM

【図 3】



(又は CSW-OFDM) を組み合わせた場合の、各タイムスロットにおける 3 階層の TV 信号の時間配置図

【図 153】実施例 9 の GTW-OFDM と C-CDM

(又は CSW-OFDM) を組み合わせた場合の、マルチパス信号遅延時間と CN 値と伝送レートの関係図における 3 次元マトリクス構造の階層型放送方式の説明図

【符号の説明】

1 送信機

4 変調器

10 アンテナ

6a 地上アンテナ

10 衛星

12 中継器

23 第 1 受信機

25 復調器

33 第 2 受信機

35 復調器

43 第 3 受信機

51 デジタル送信機

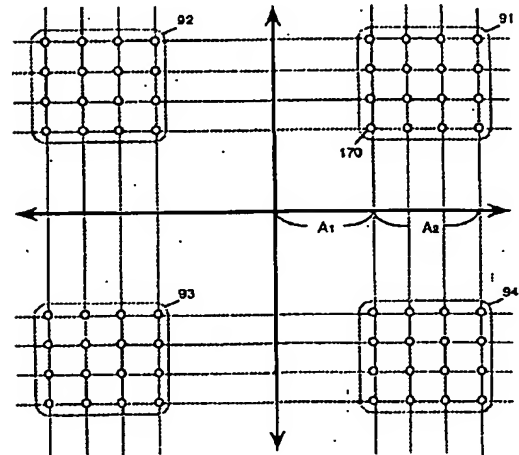
20 85 信号点

91 第 1 分割信号点群

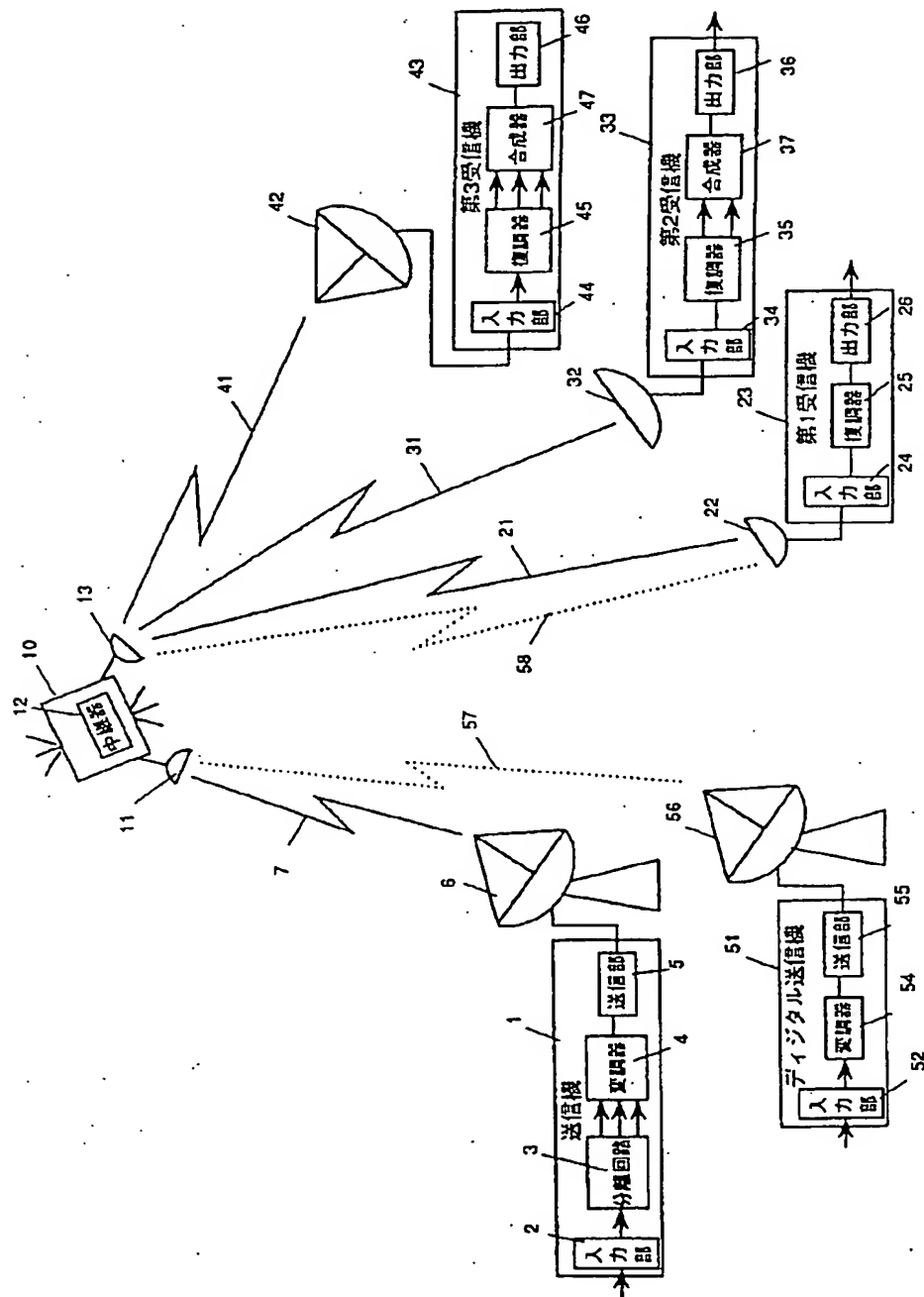
401 第 1 画像エンコーダー

703 SRQAM の受信可能地域

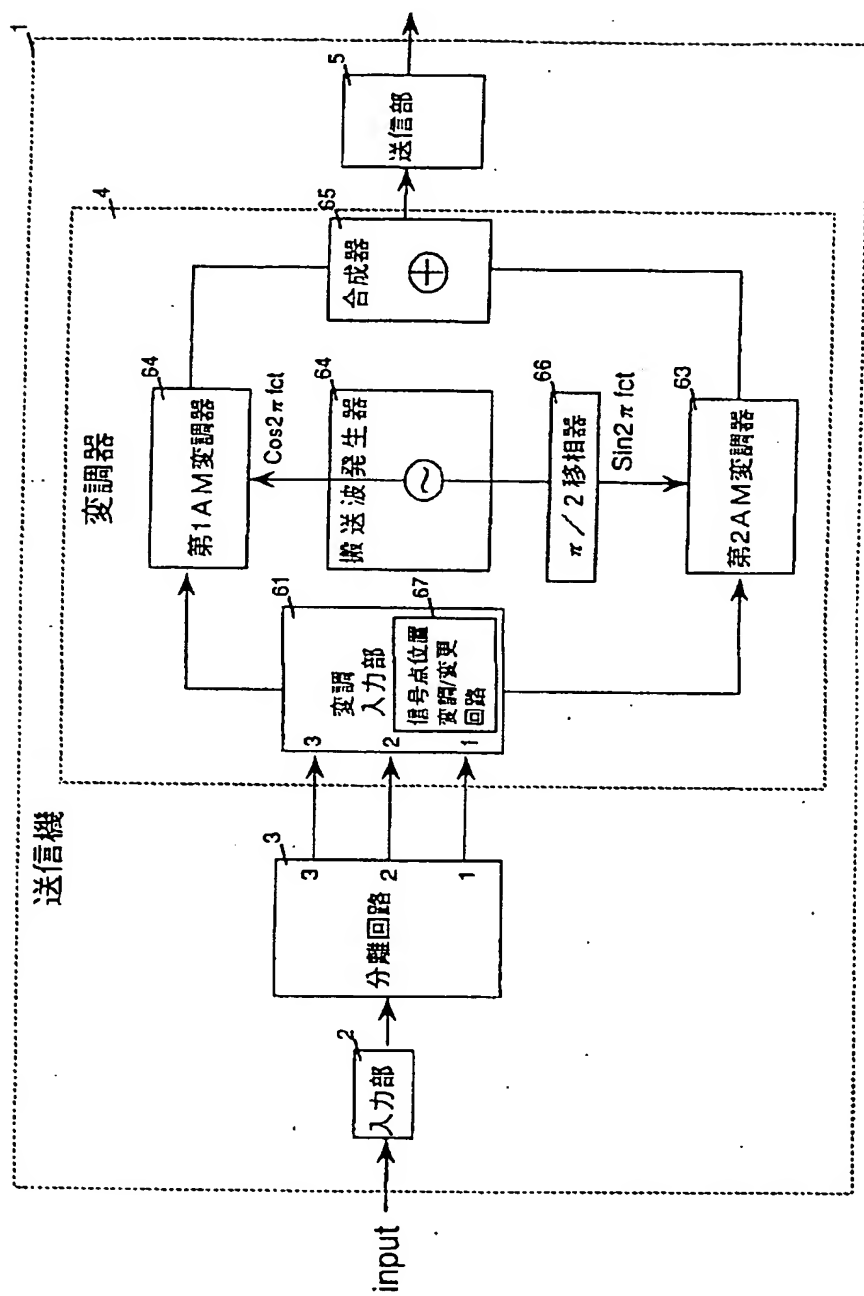
【図 12】



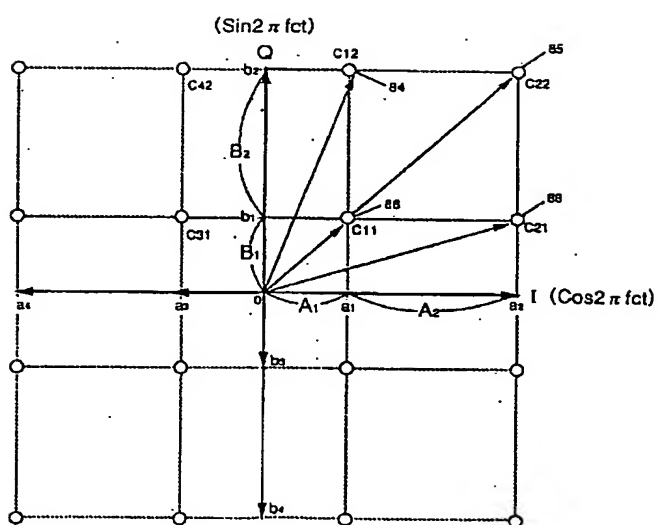
【図1】



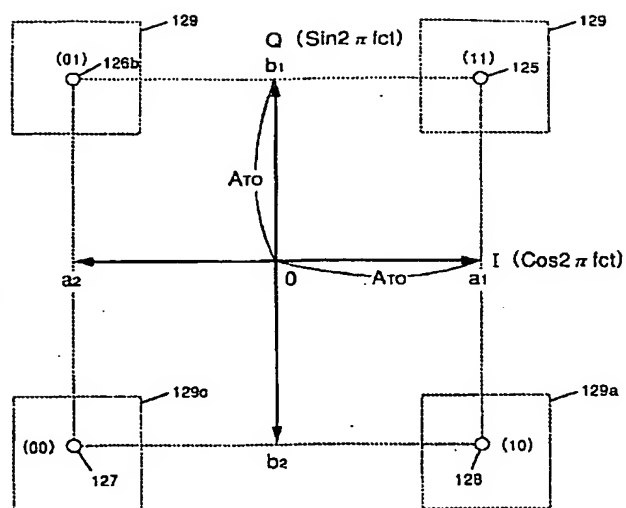
【図2】



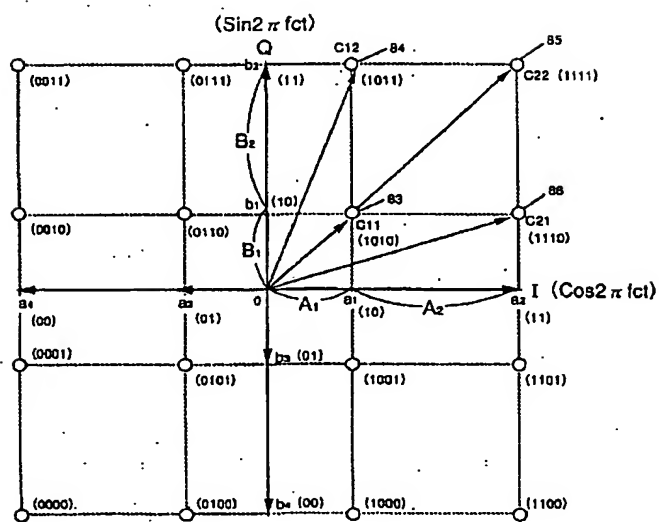
【図 4】



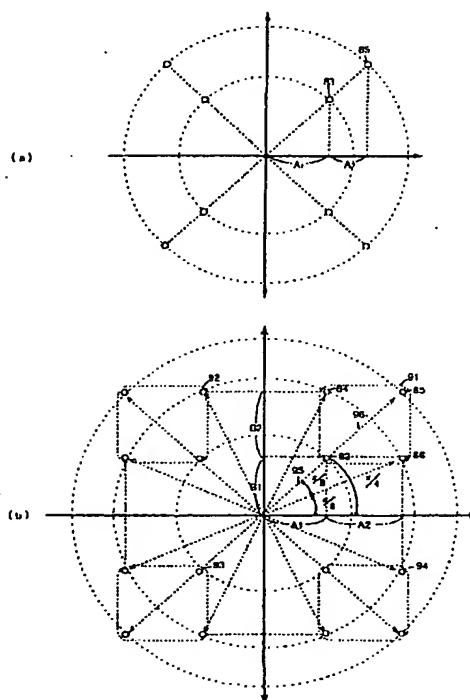
【図 18】



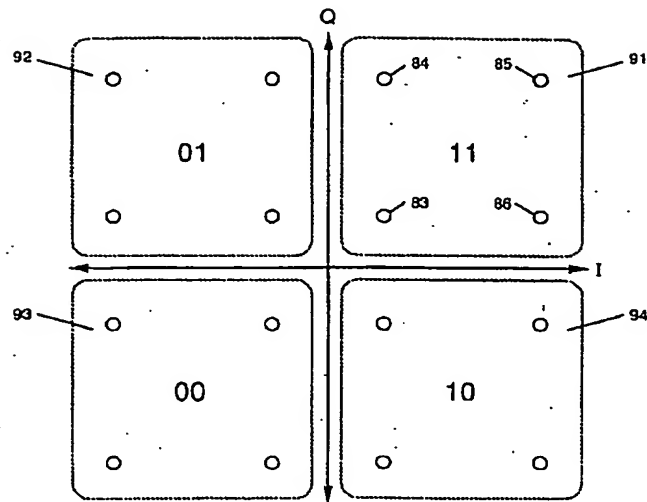
【図 5】



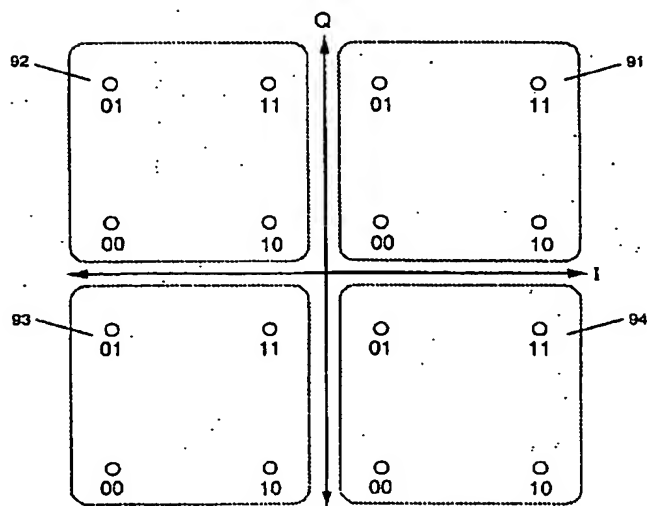
【図 25】



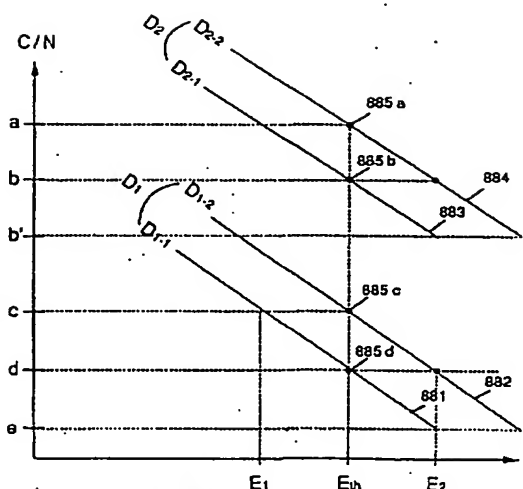
【図6】



【図7】

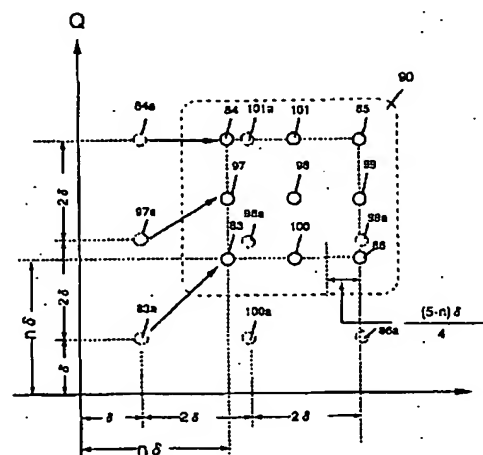


【图 8 9】

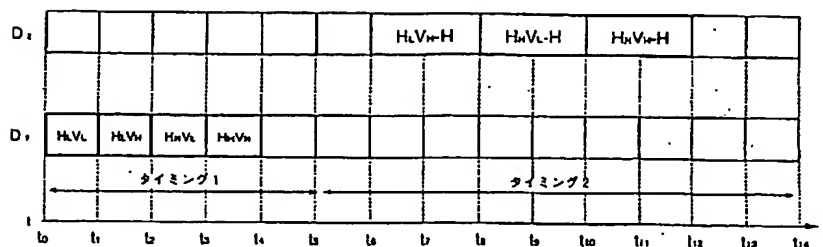


誤り訂正後のエラーレート

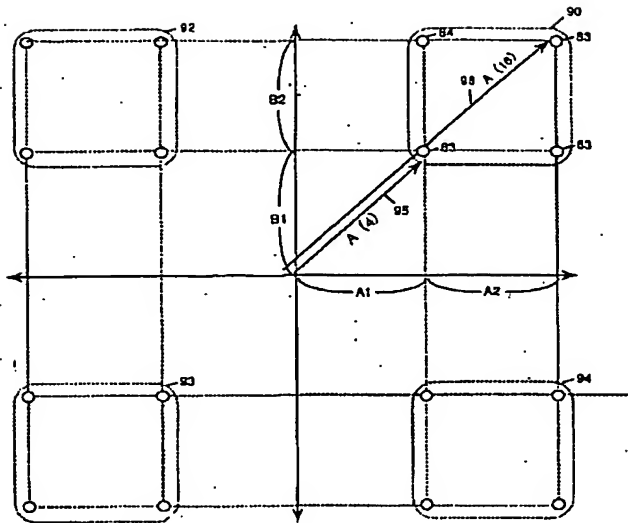
【図 100】



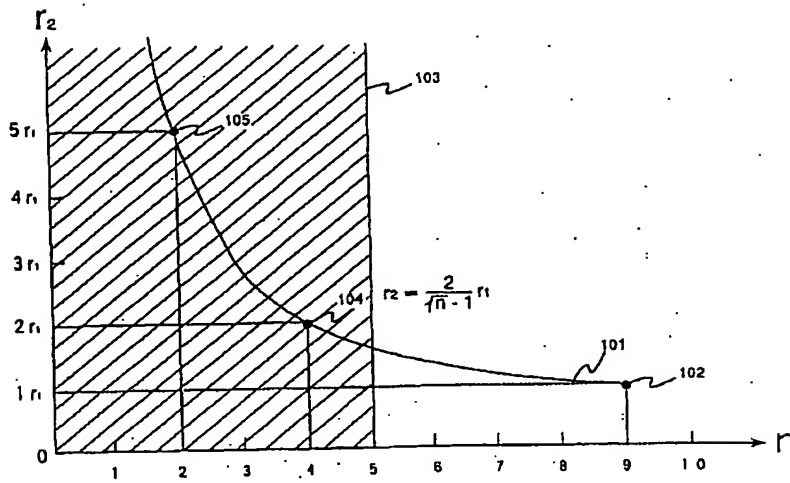
【图 7 3】



【図10】



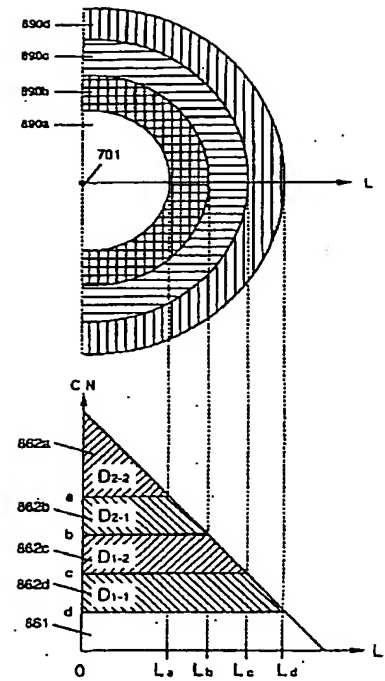
【図11】



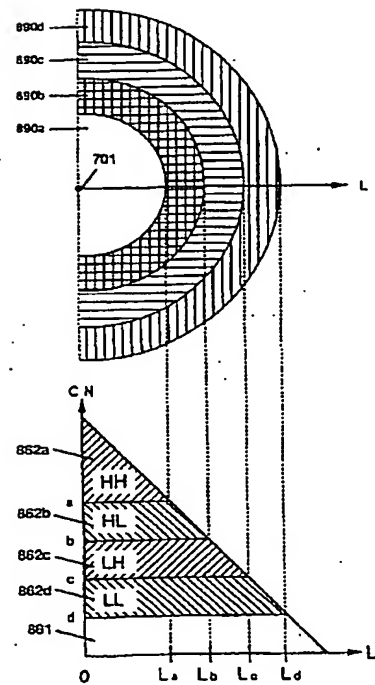
【図75】

			821a	821b	821c		
D ₂			H _L V _H (1)	H _L V _H (2)	H _H V _L (1)	H _H V _L (2)	
D ₁	821			822a		822b	822c
	H _L V _L (1)	H _L V _L (2)					
		822					

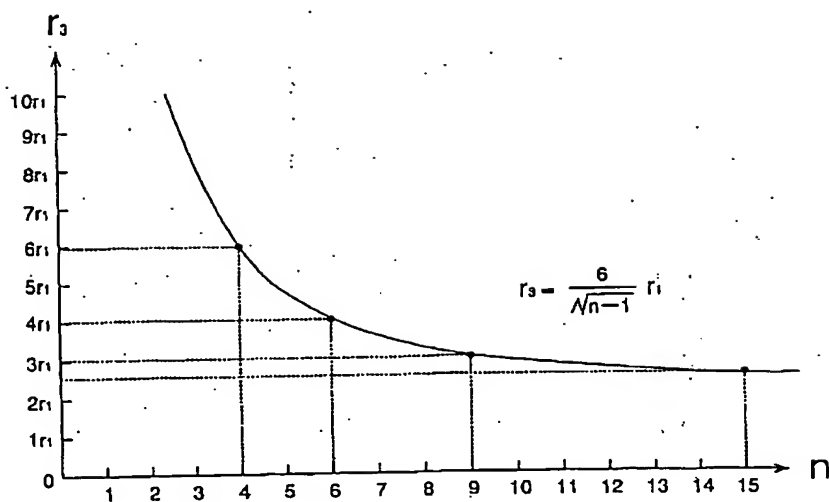
【図92】



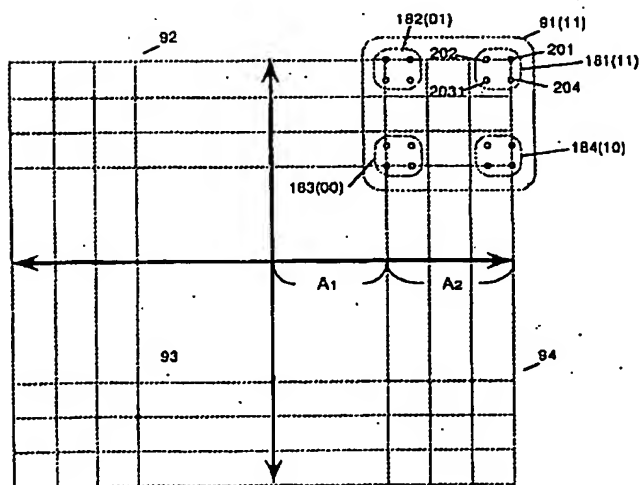
【図95】



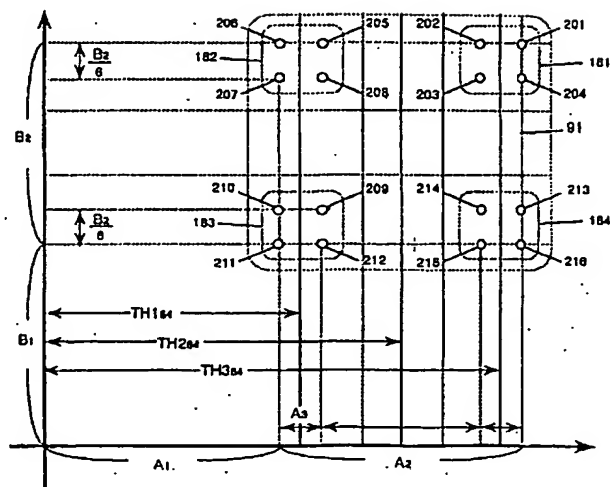
【図13】



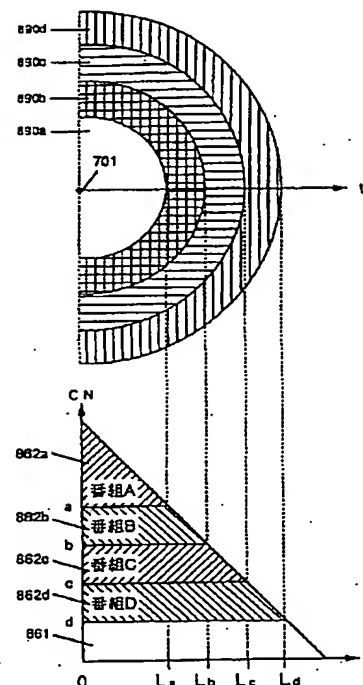
【図14】



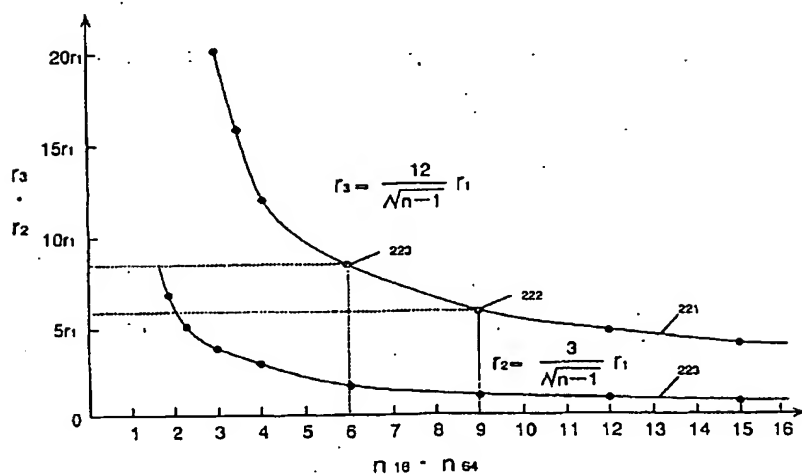
【図27】



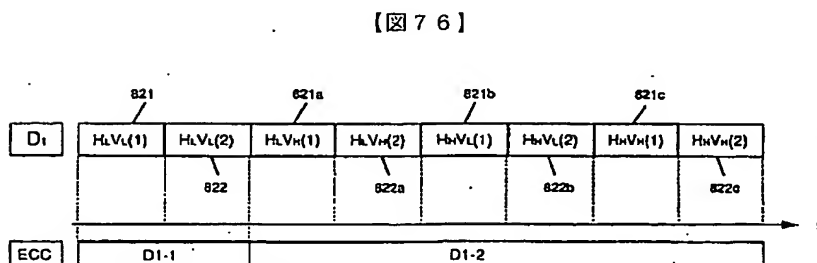
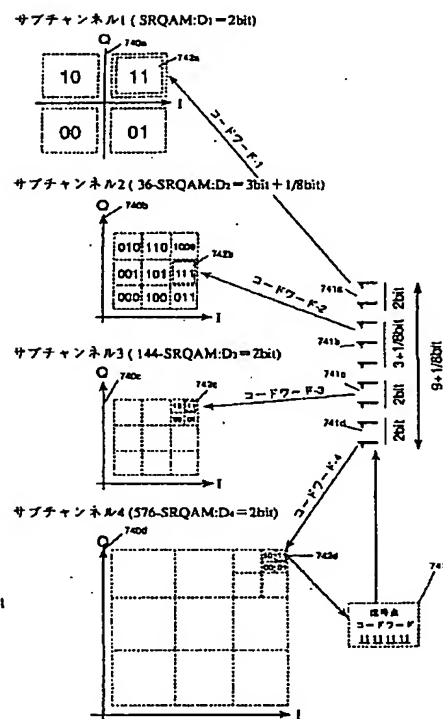
【图 9 8】



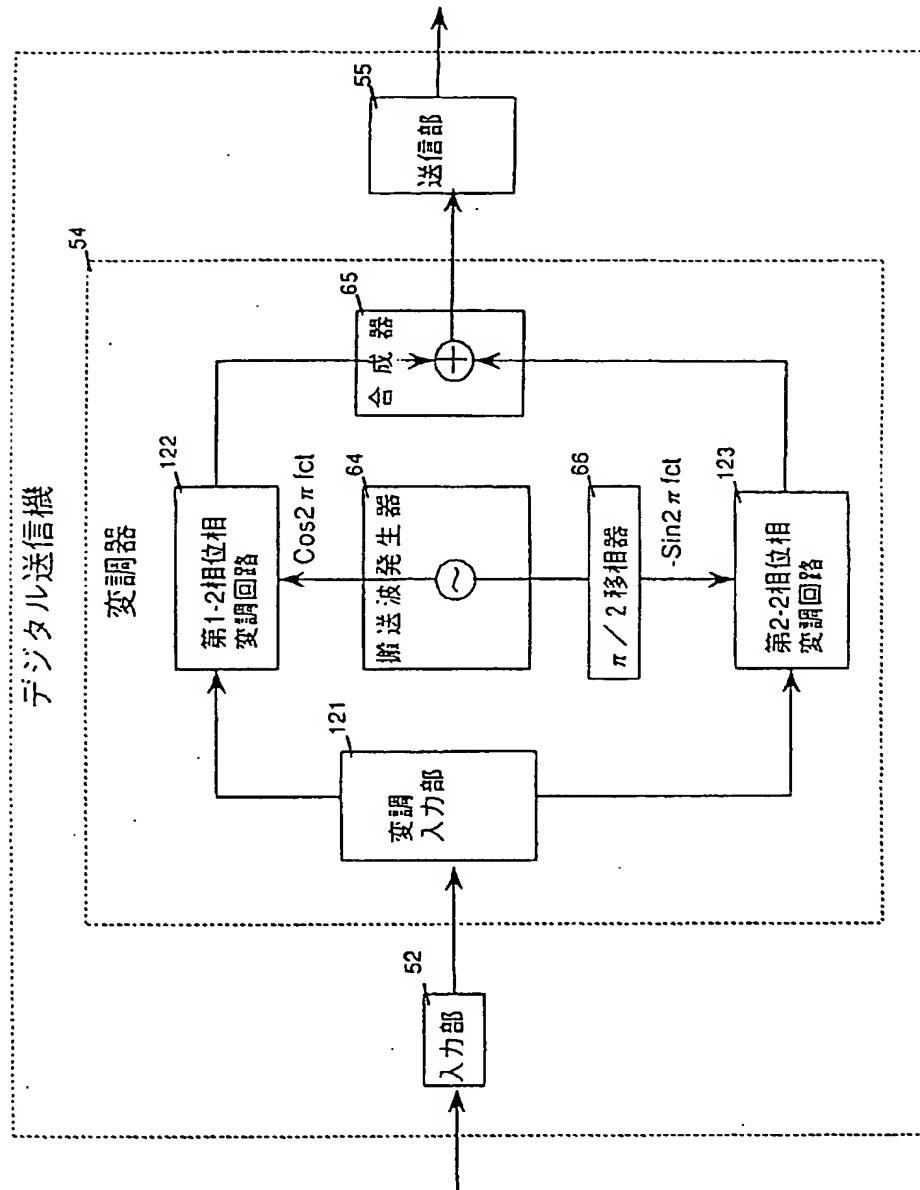
【图 16】



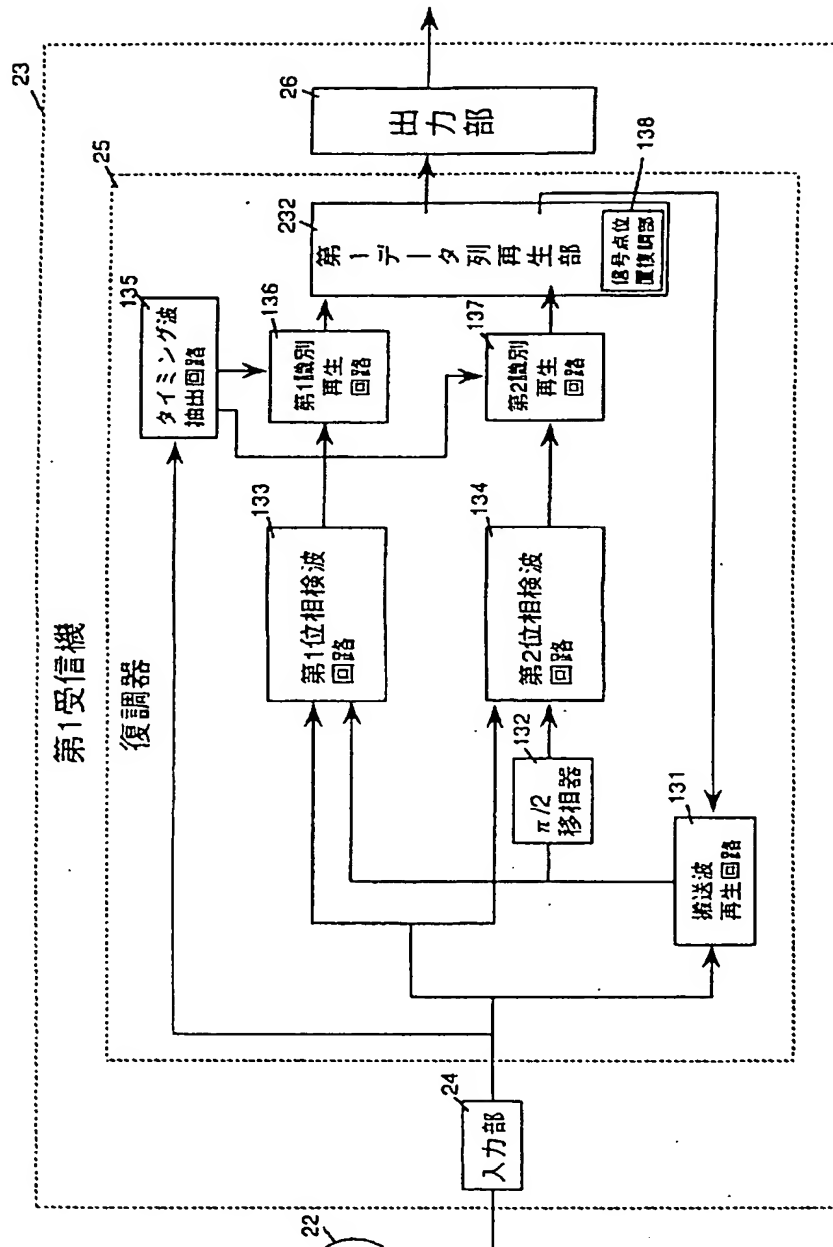
【図 1 1 1】



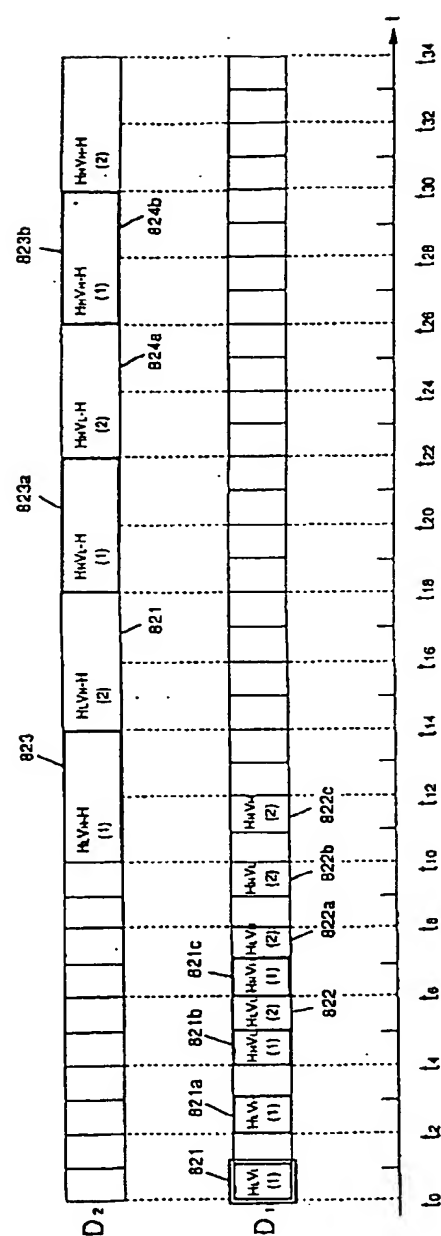
【図17】



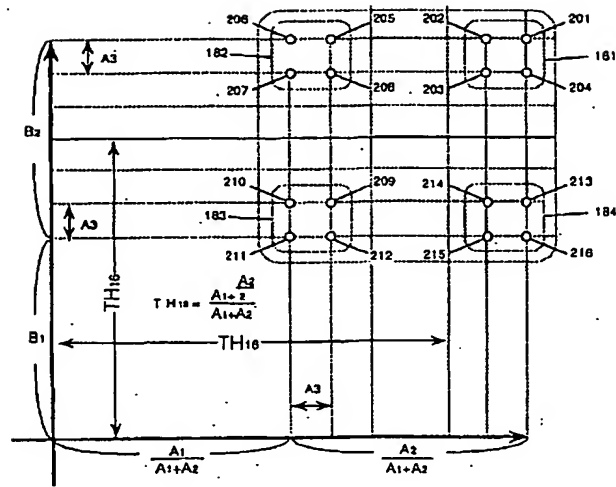
【図19】



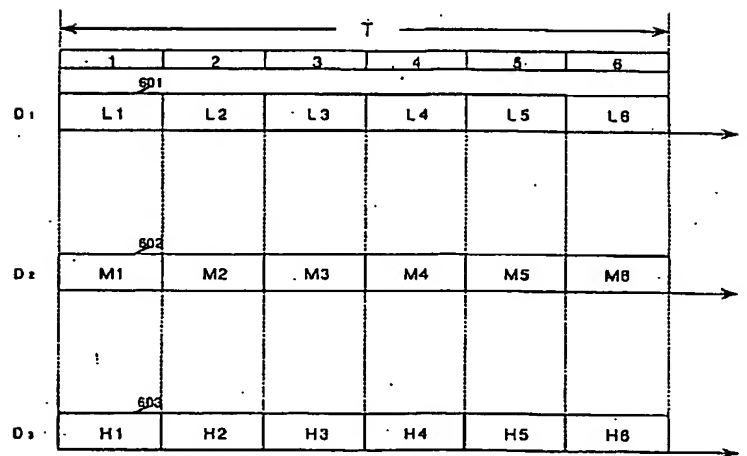
【図 77】



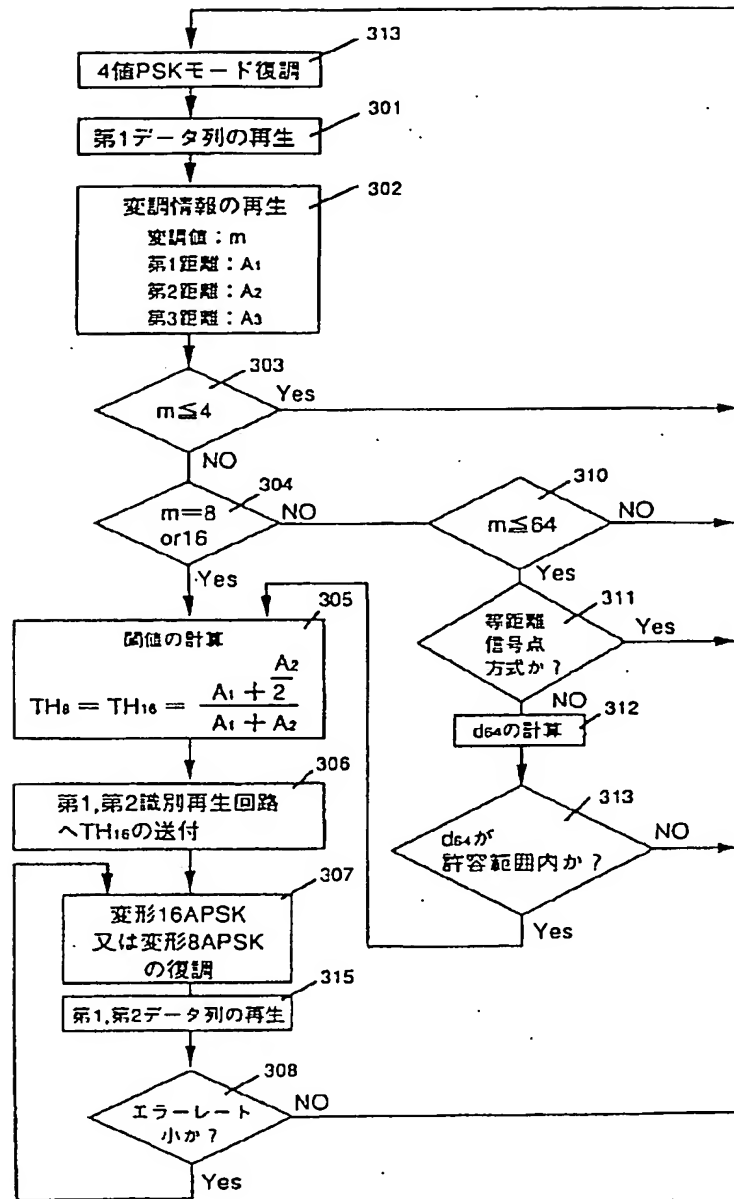
【図23】



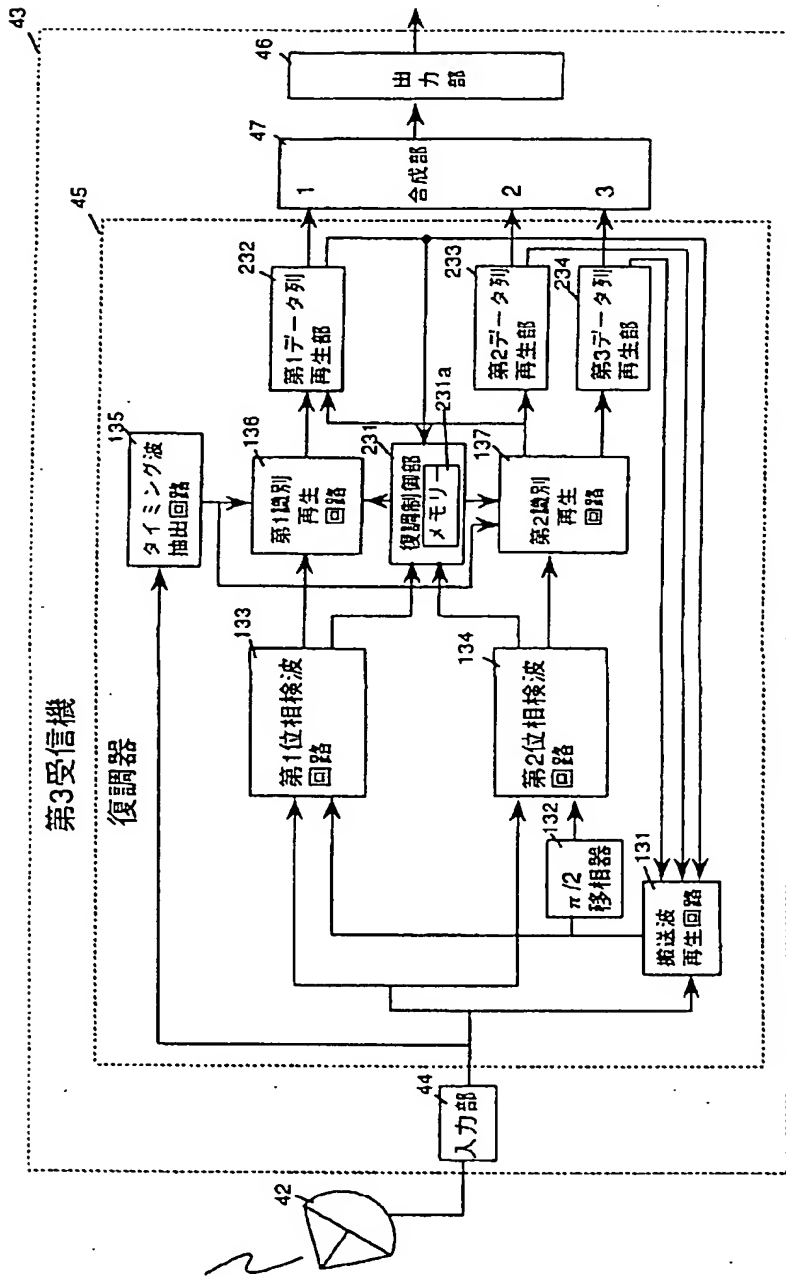
【図34】



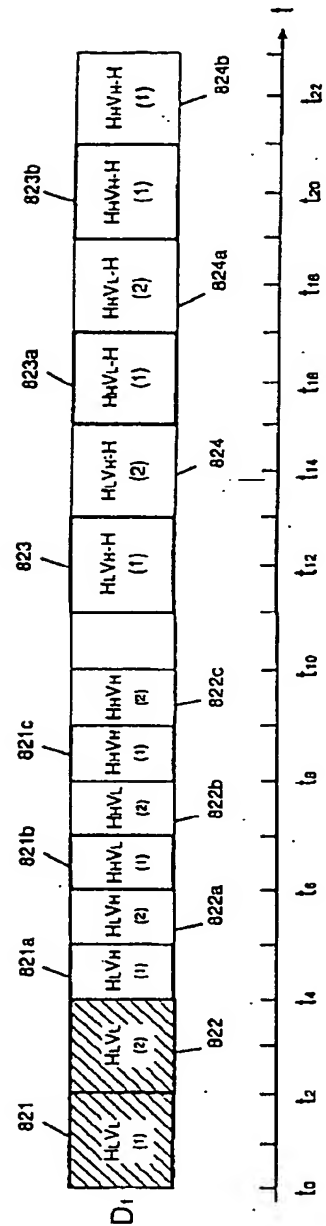
【図24】



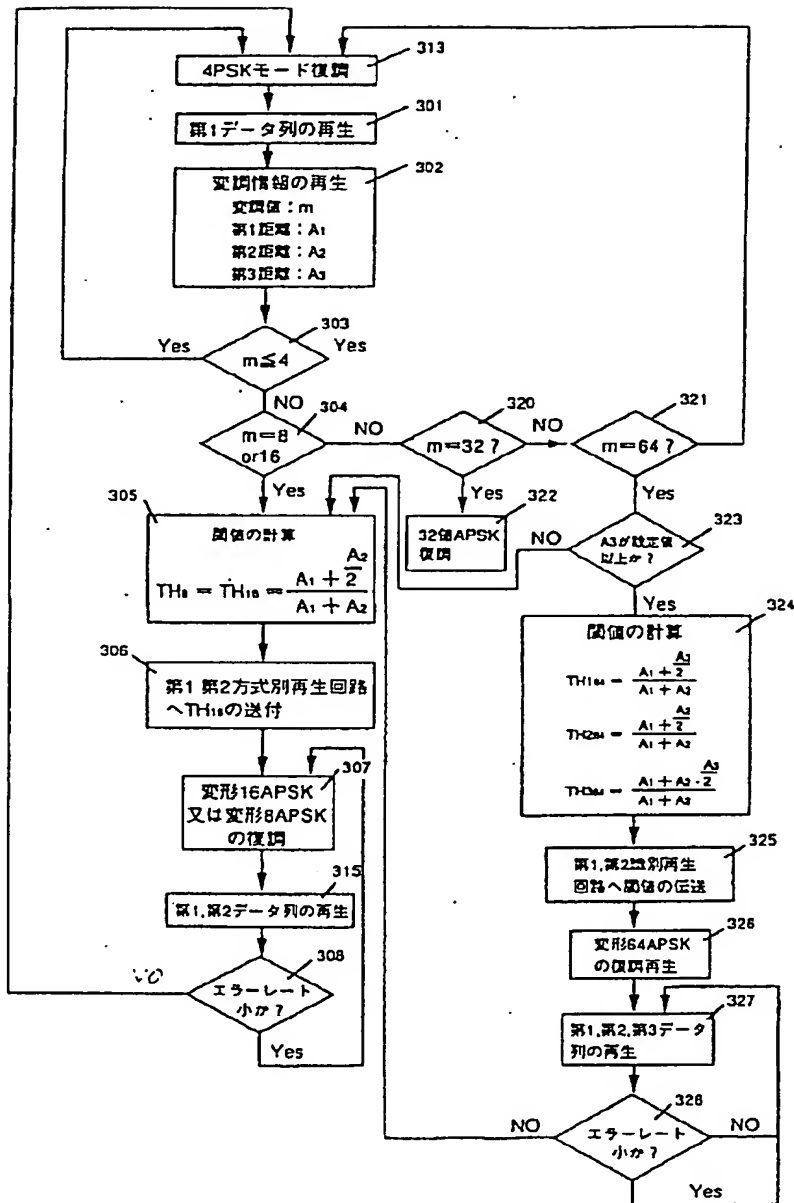
【図26】



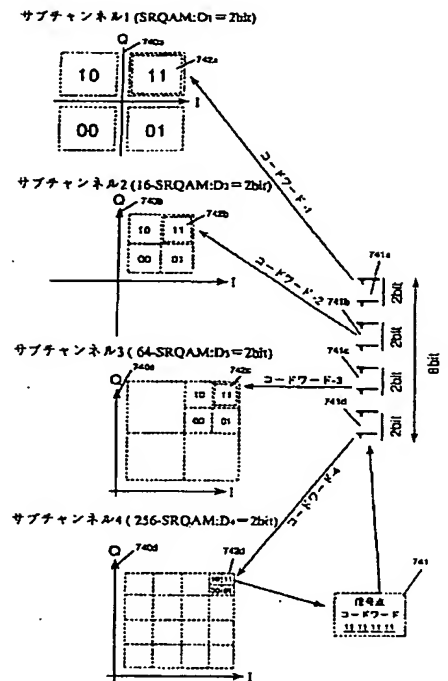
【図81】



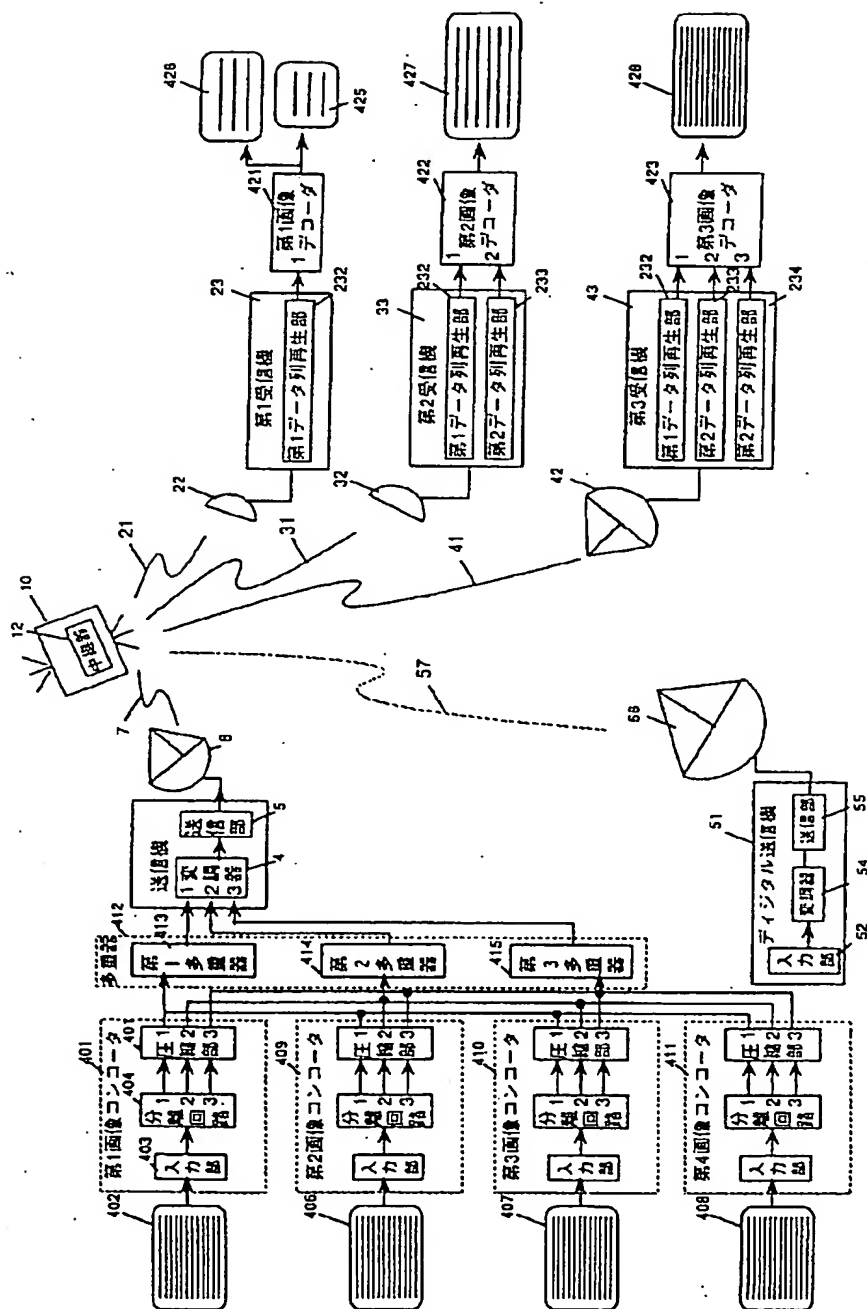
【図28】



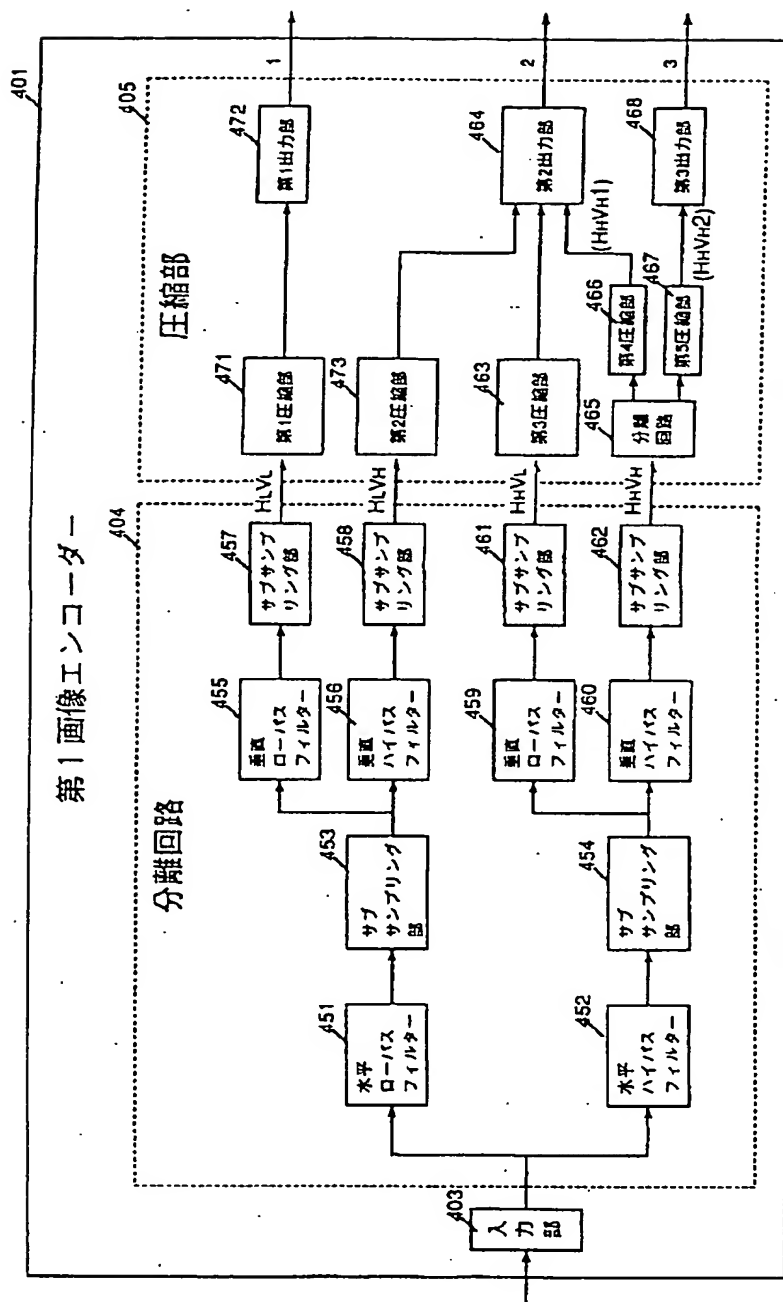
【図112】



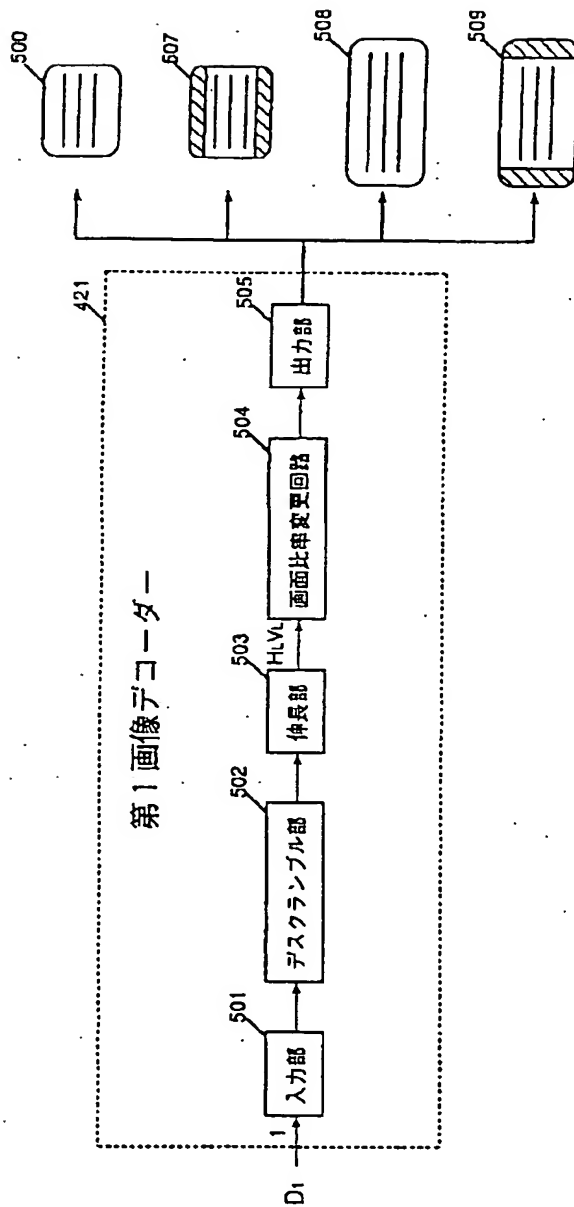
【図 29】



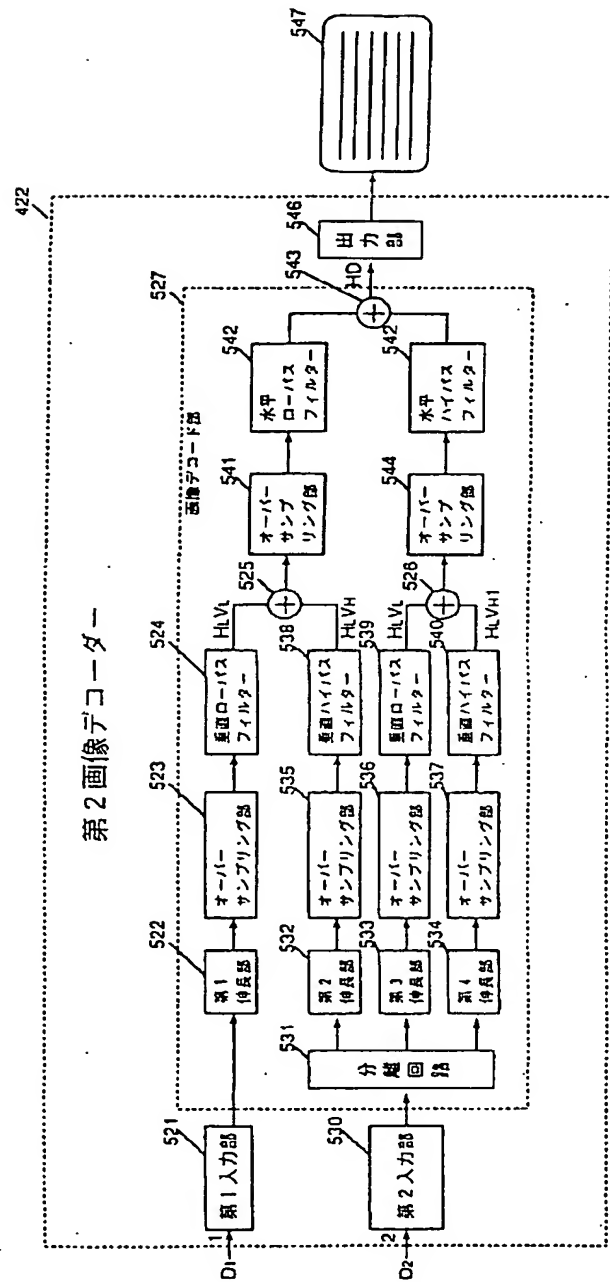
【図30】



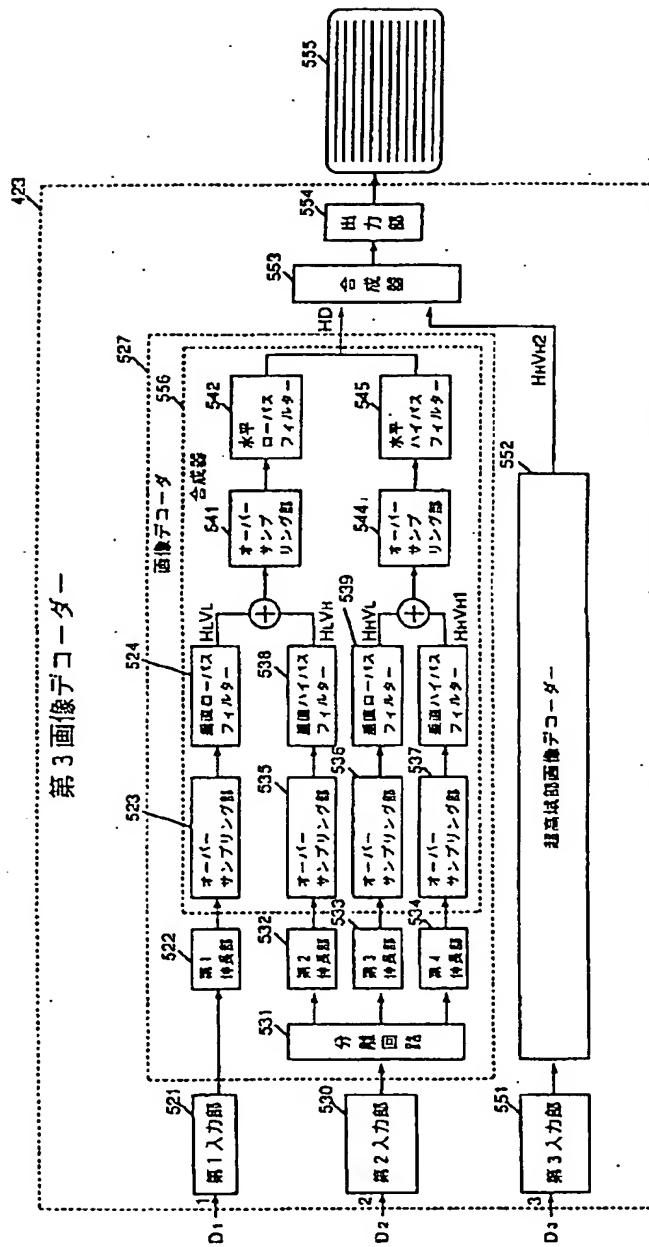
【図 31】



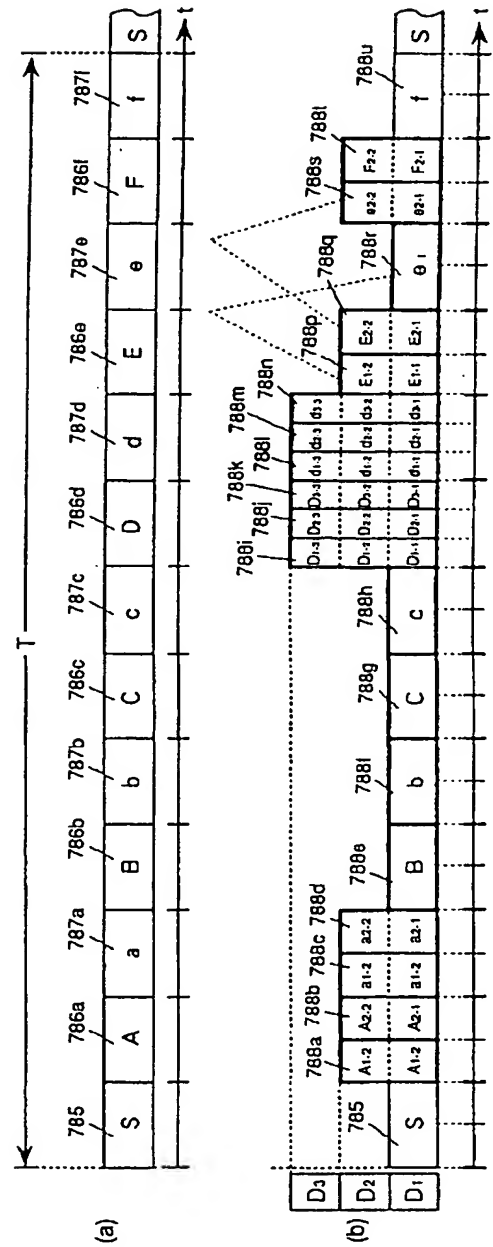
【図 32】



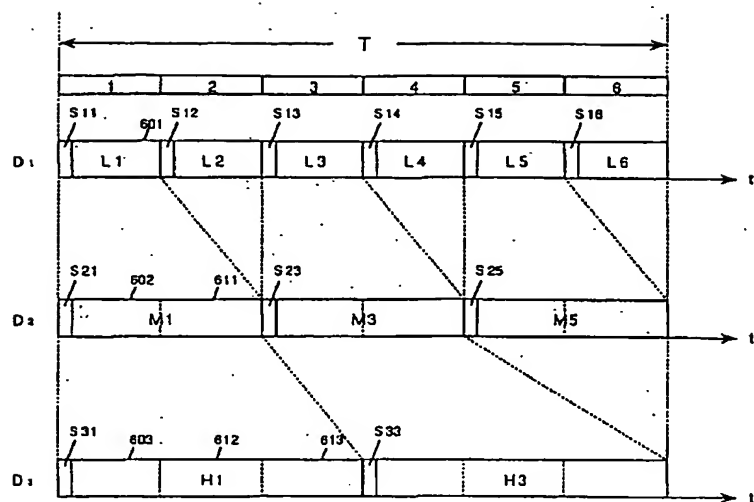
【図33】



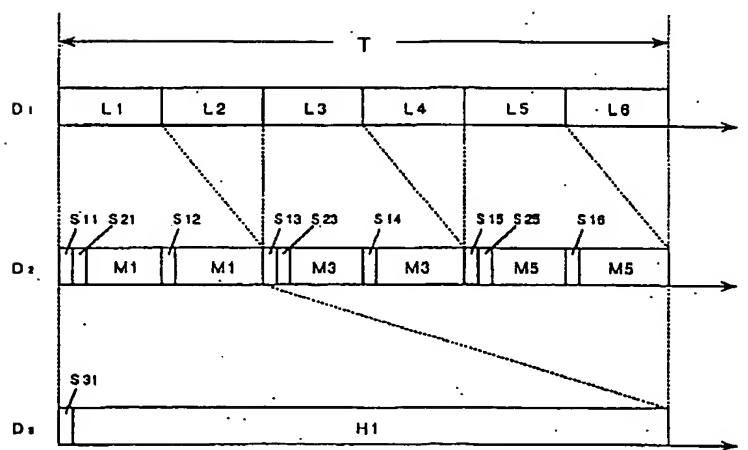
【図120】



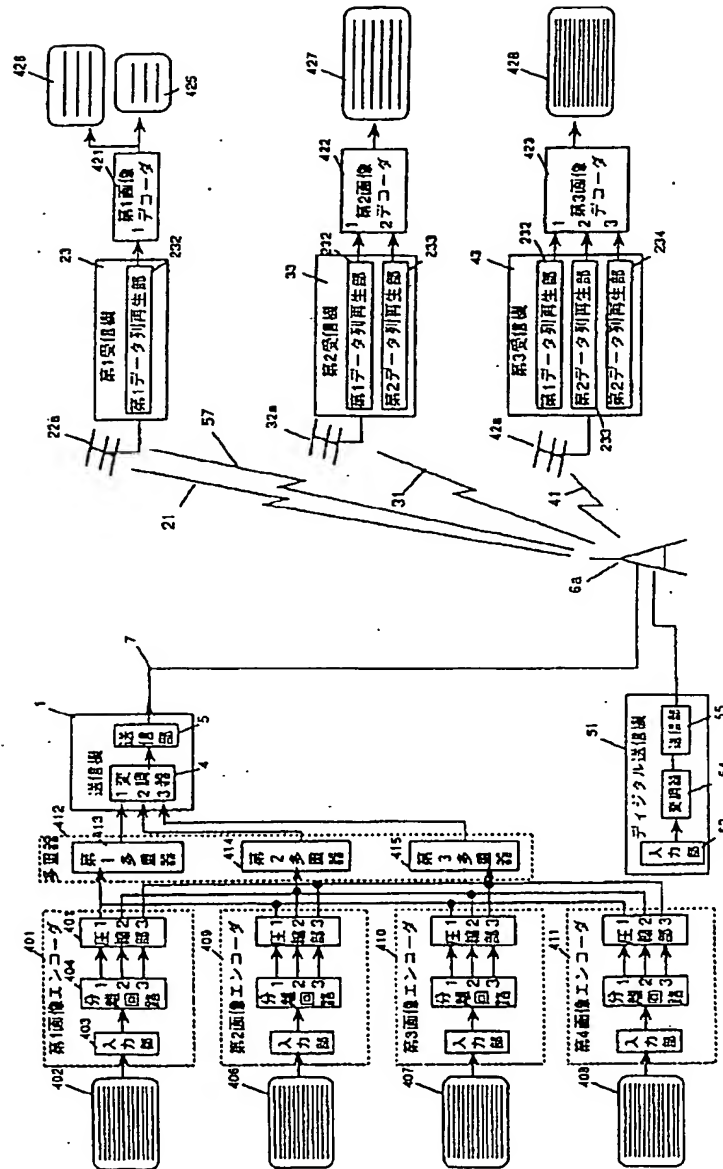
【図 3 5】



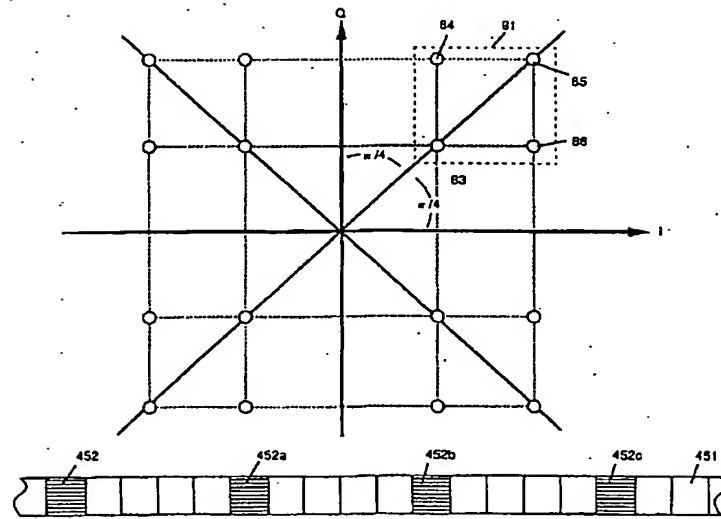
【図 3 6】



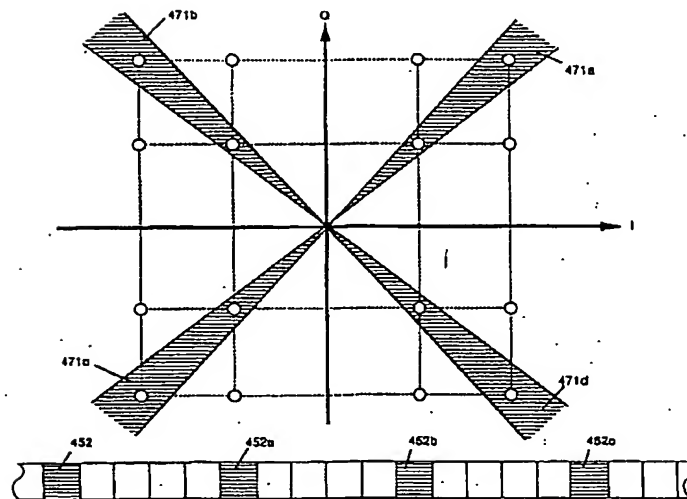
【図37】



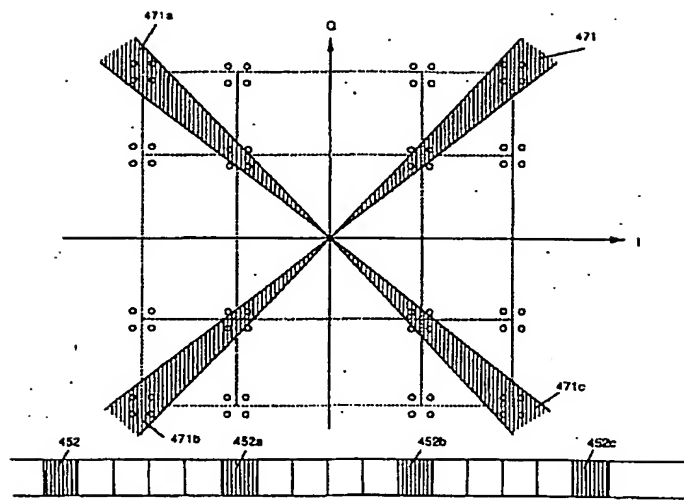
【図38】



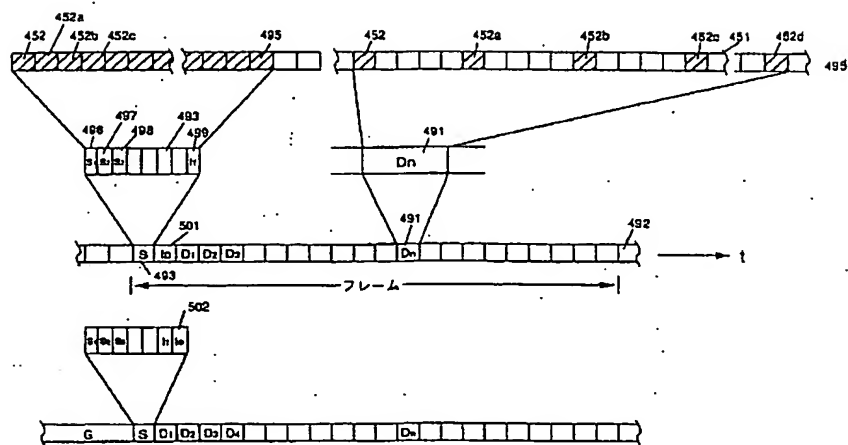
【図39】



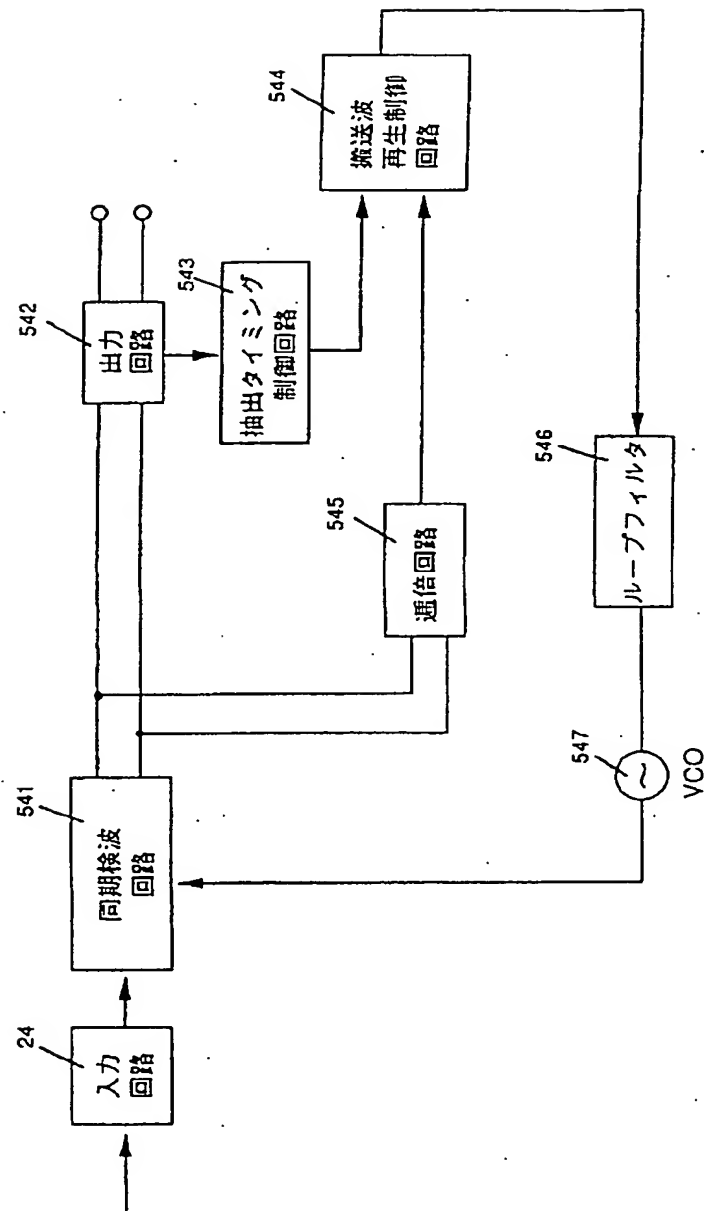
【図40】



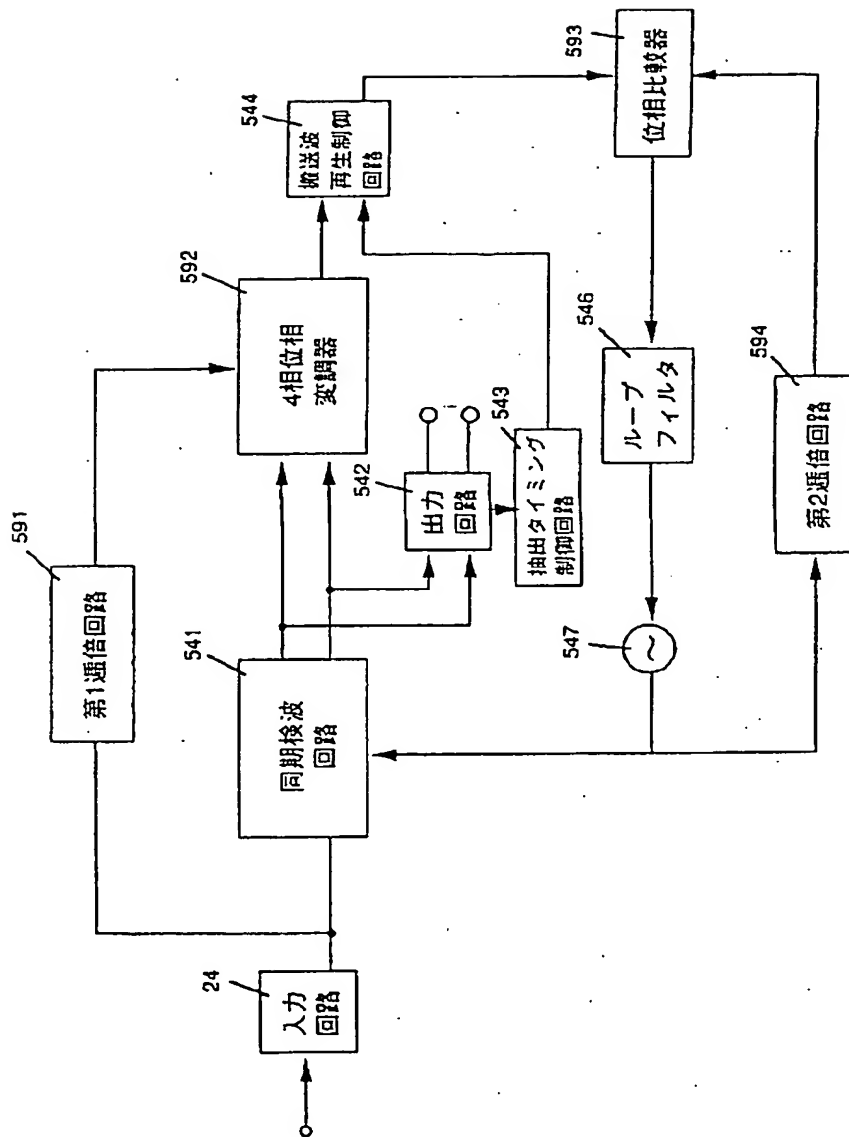
【図41】



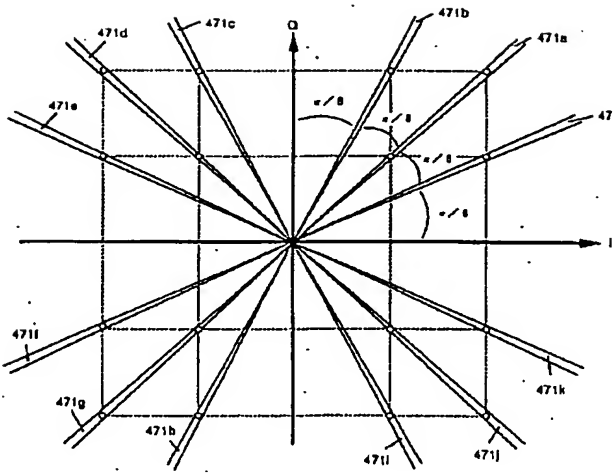
【図 43】



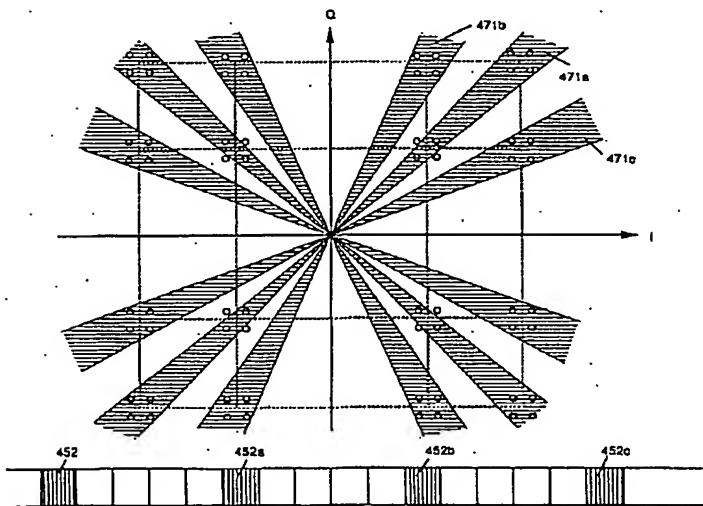
【図 4 5】



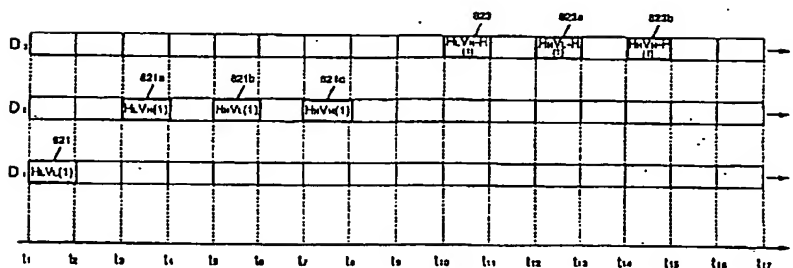
【図46】



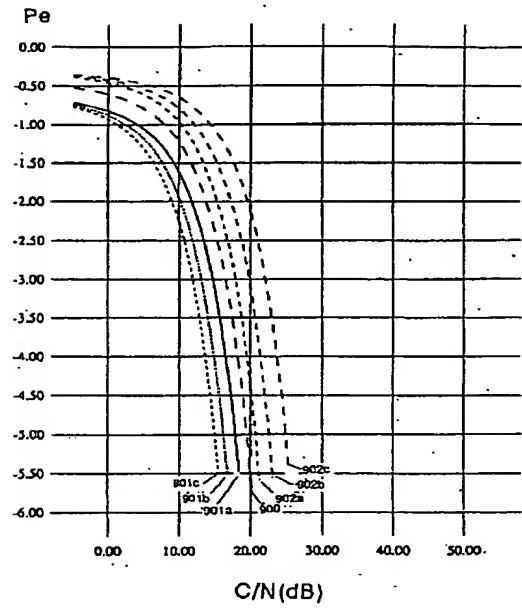
【図47】



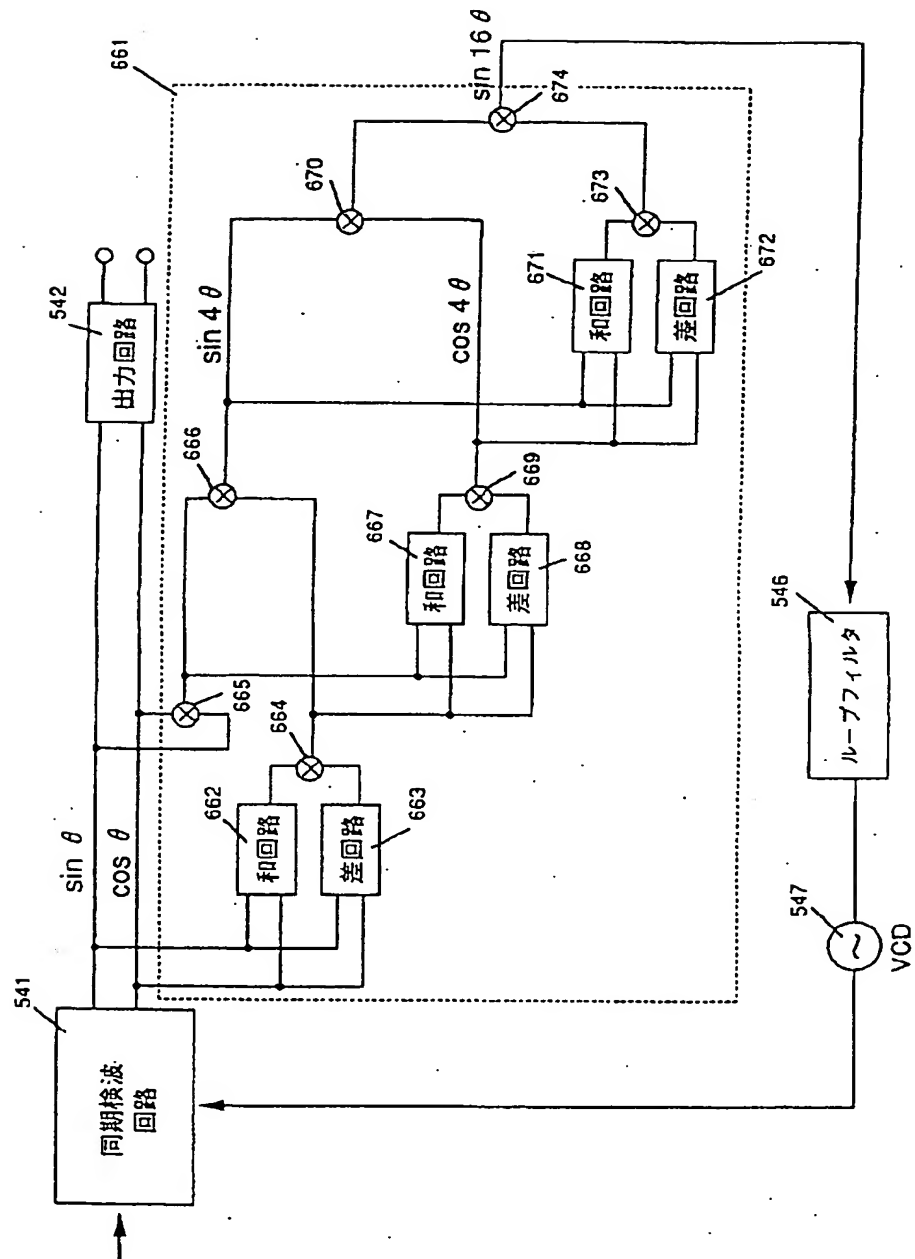
【図79】



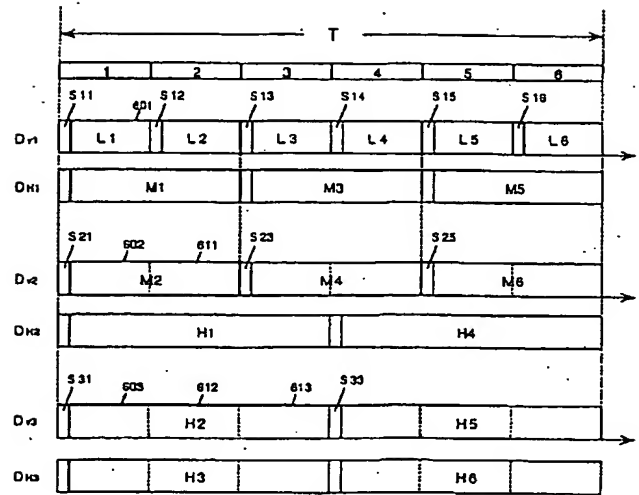
【図102】



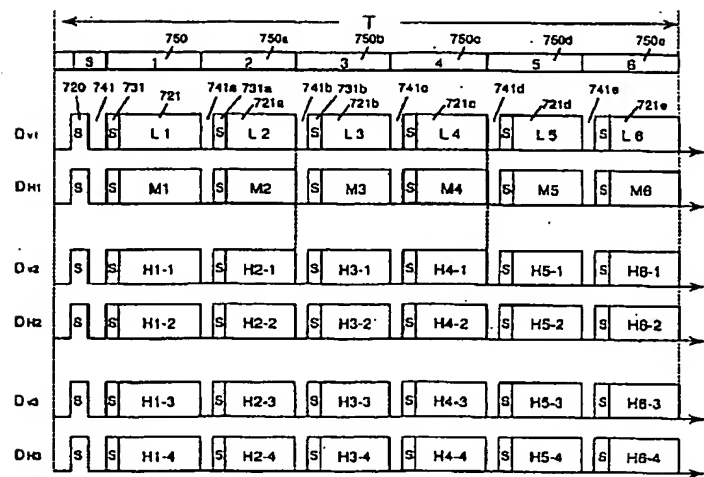
【図48】



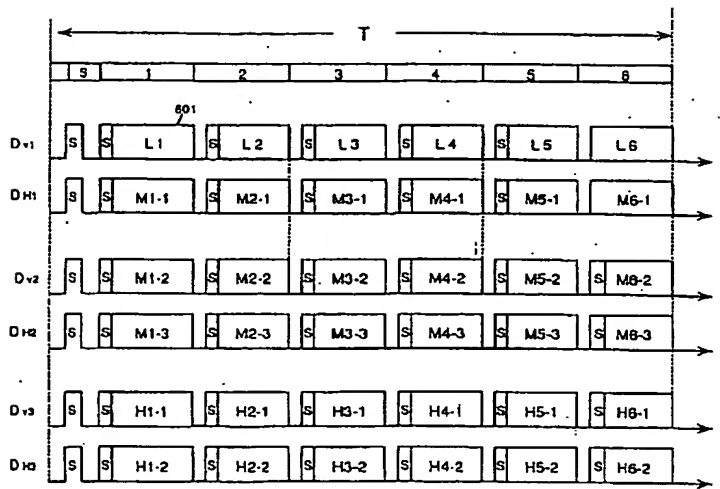
【図49】



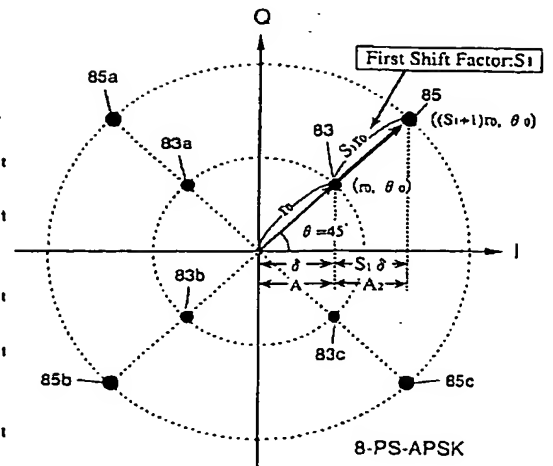
【図50】



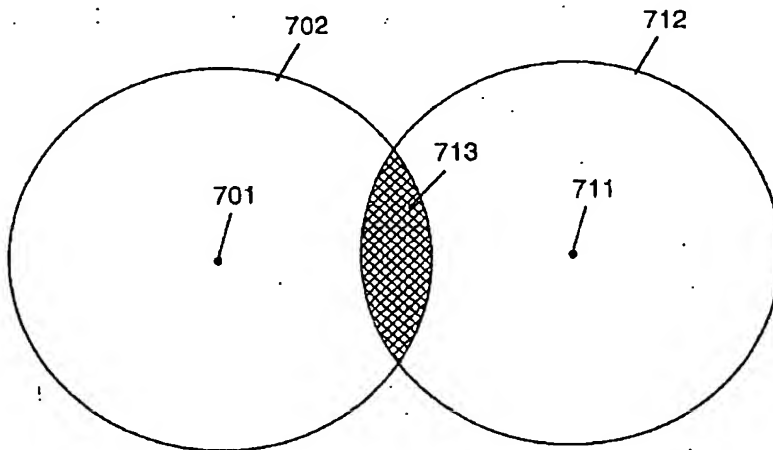
【図51】



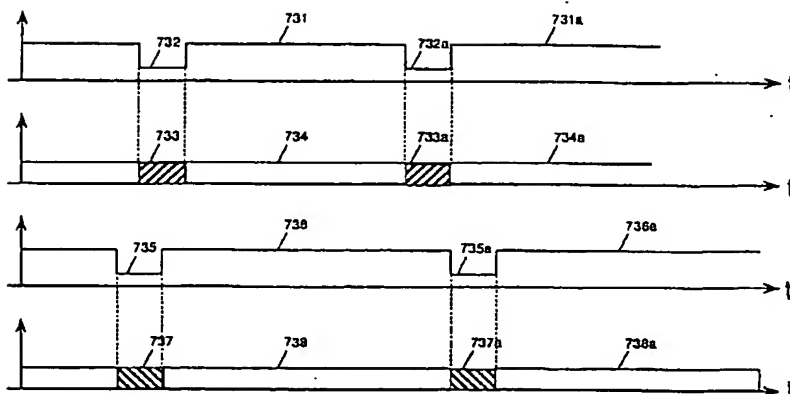
【図139】



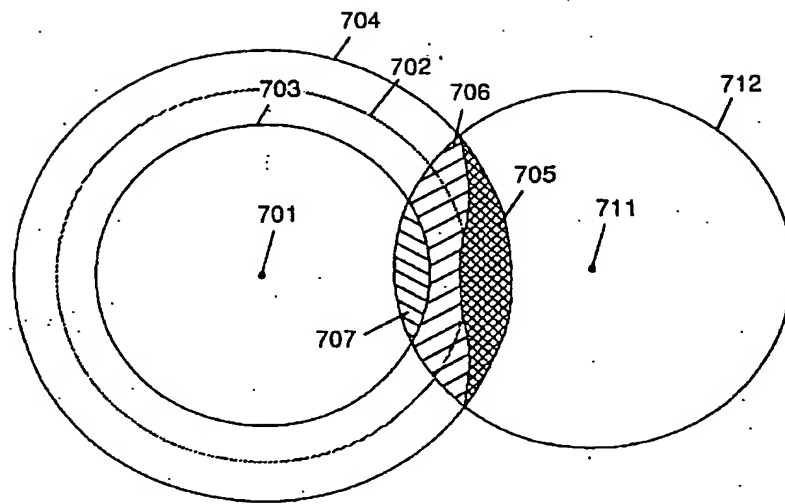
【図52】



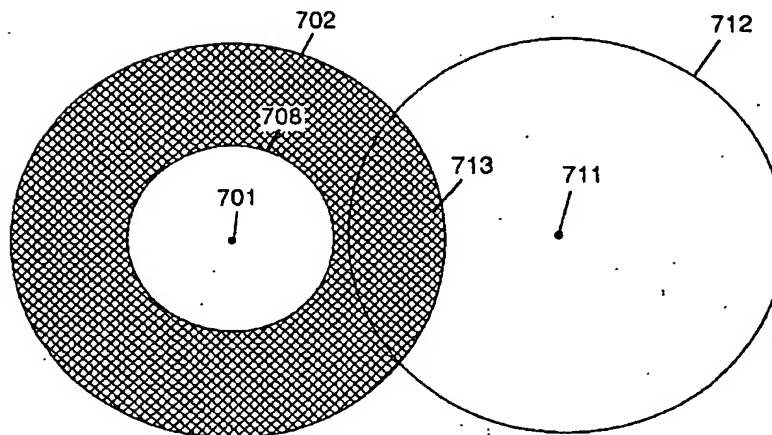
【図109】



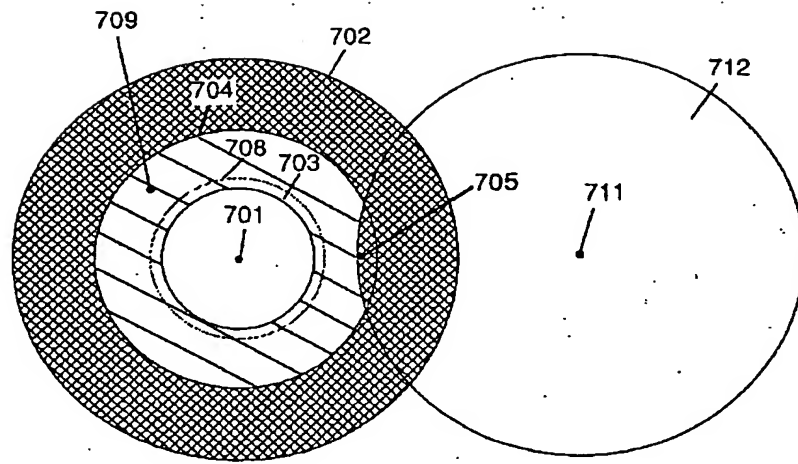
【図53】



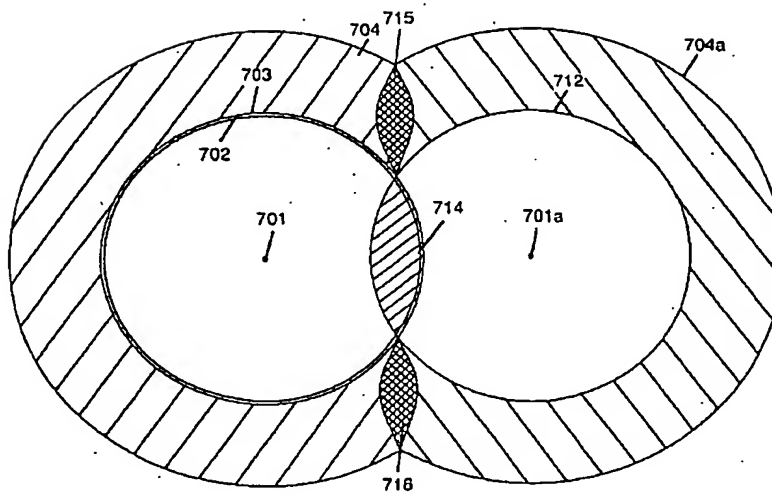
【図54】



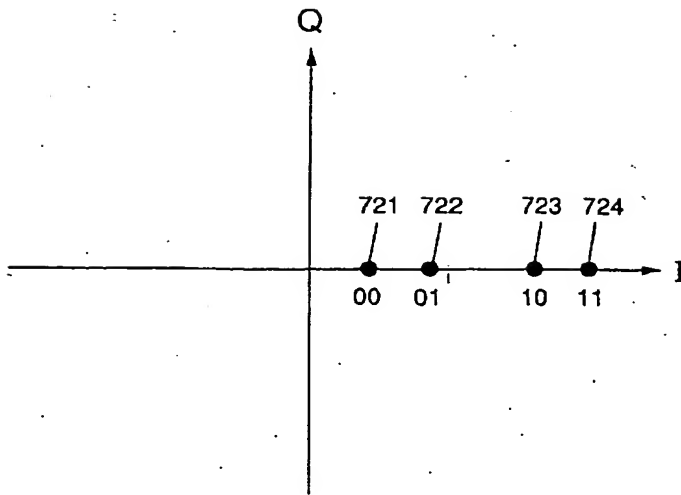
【図 5 5】



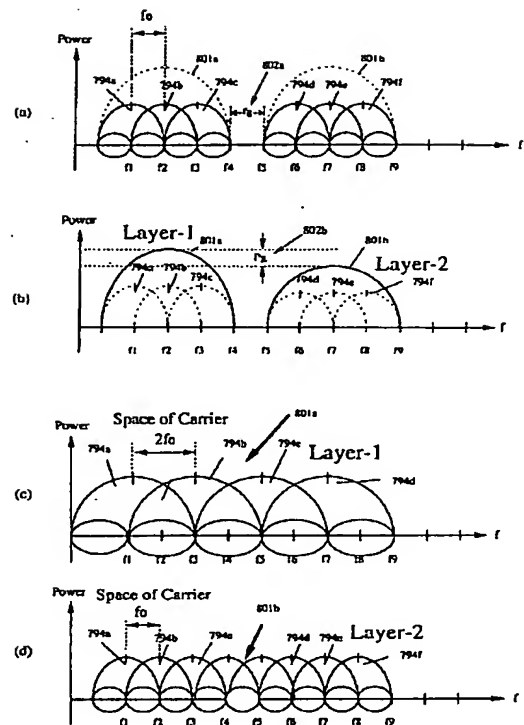
【図 5 6】



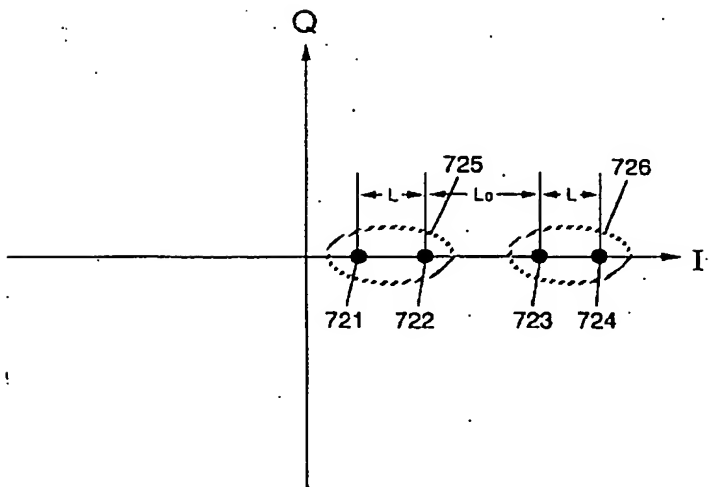
【図 5 7】



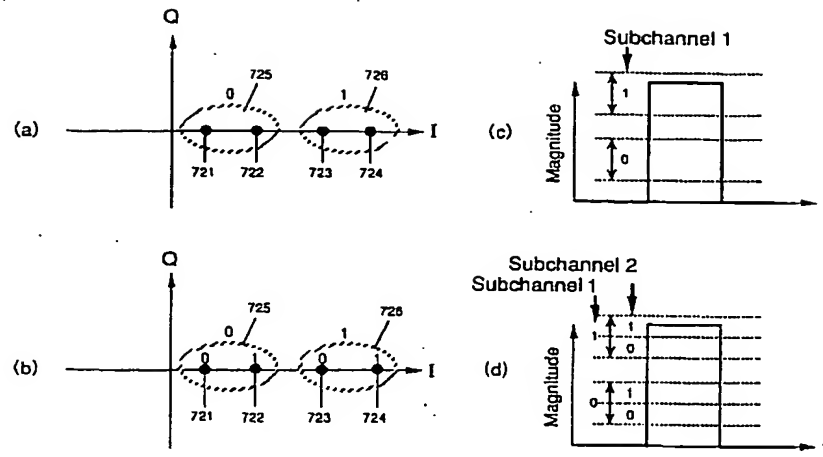
【図 1 2 6】



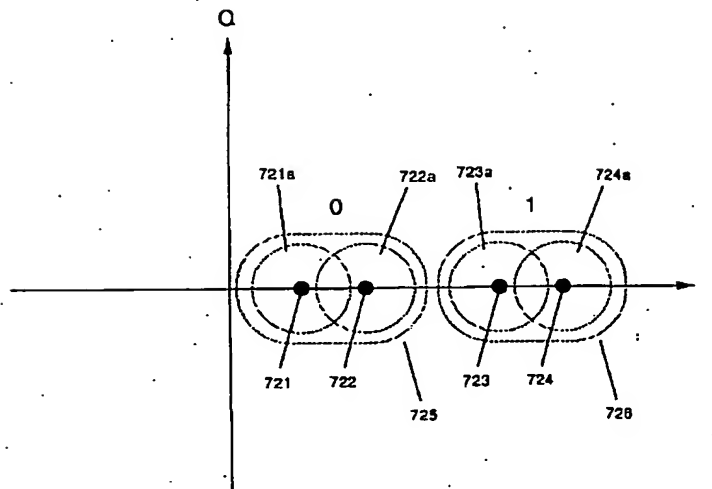
【図 5 8】



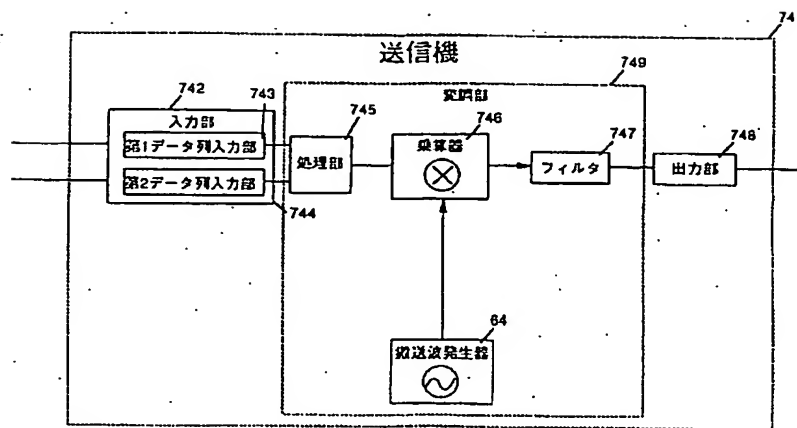
【図 59】



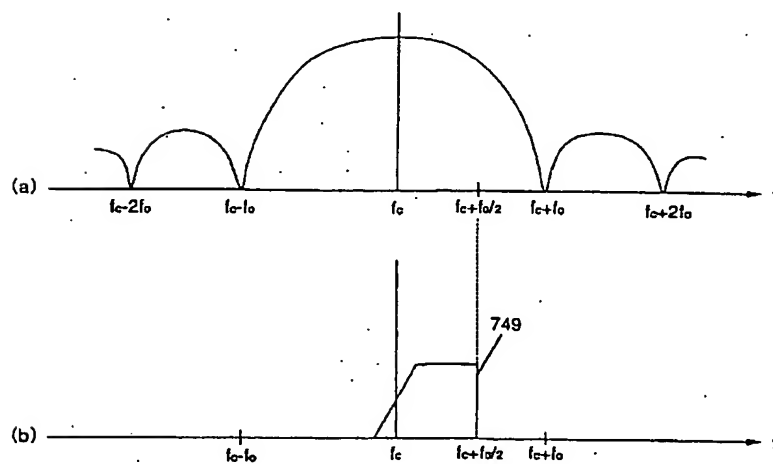
【図 60】



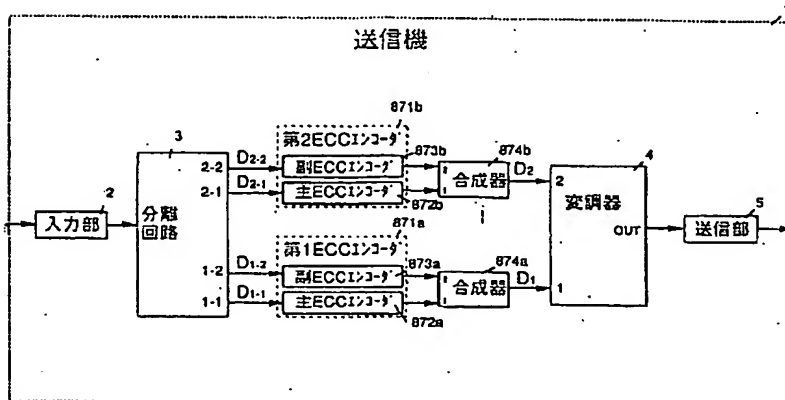
【図 6 1】



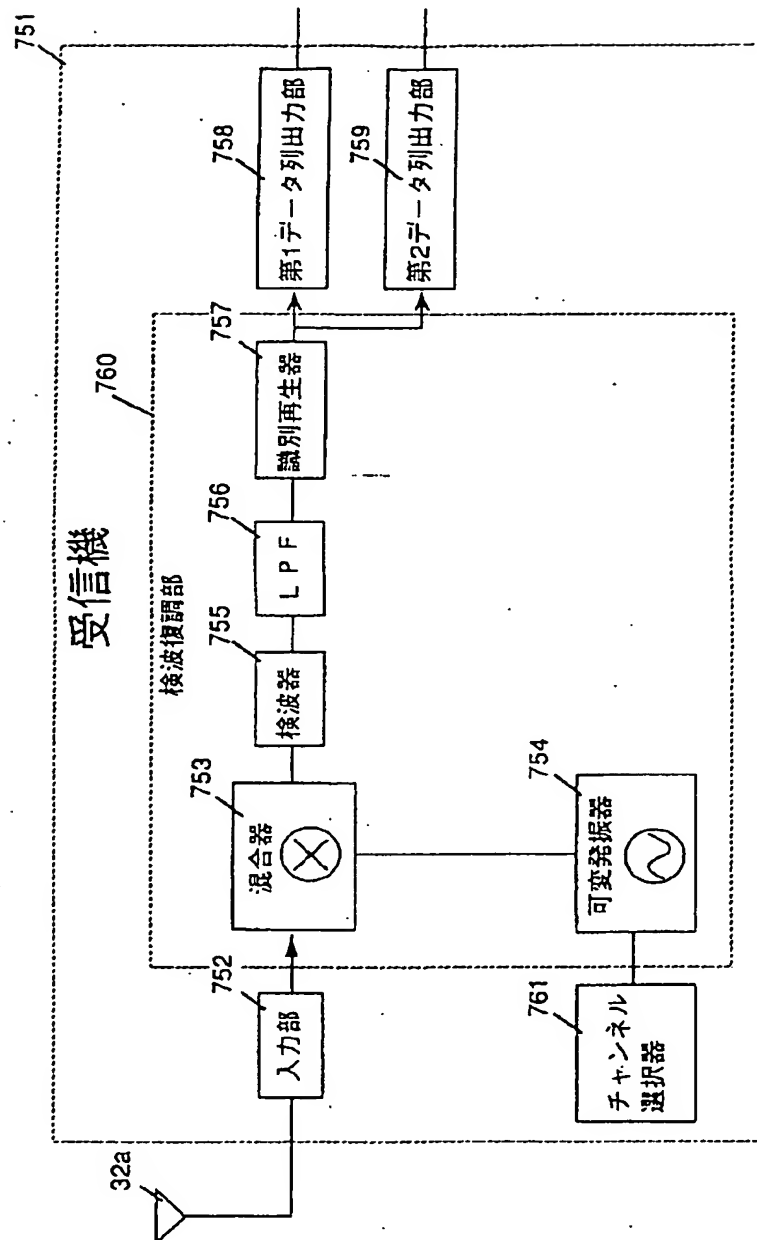
【図 6 2】



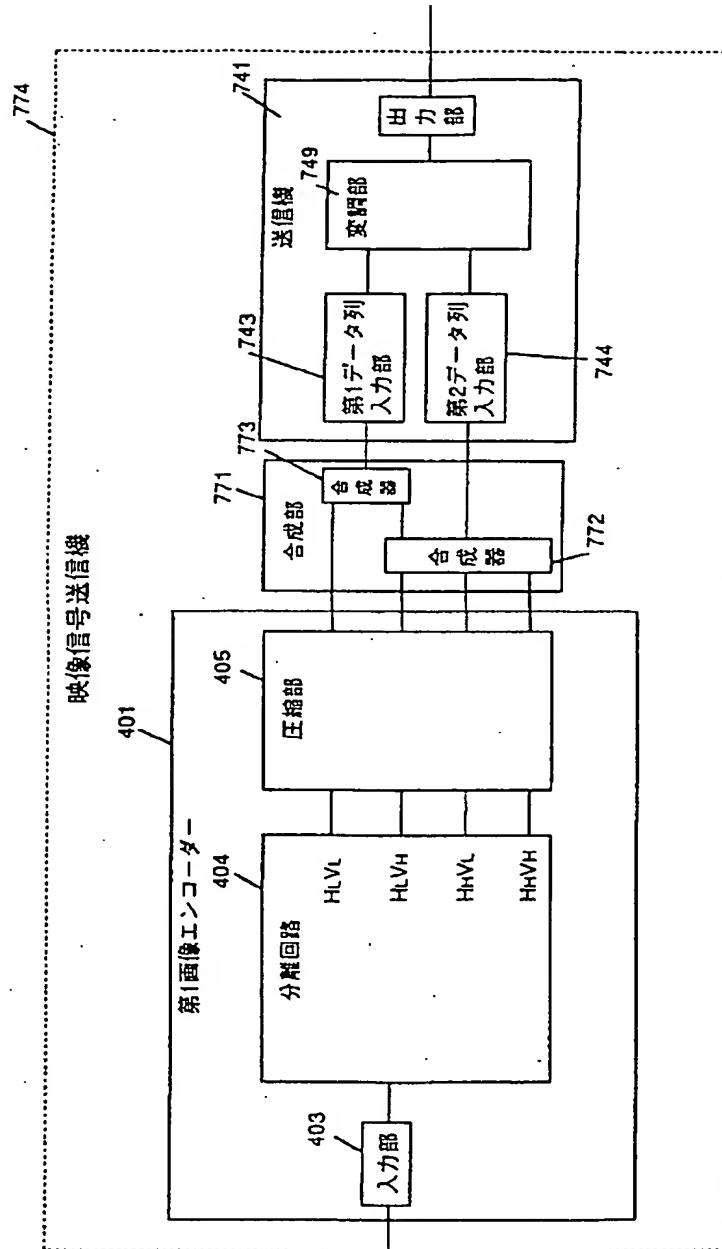
【図 8 7】



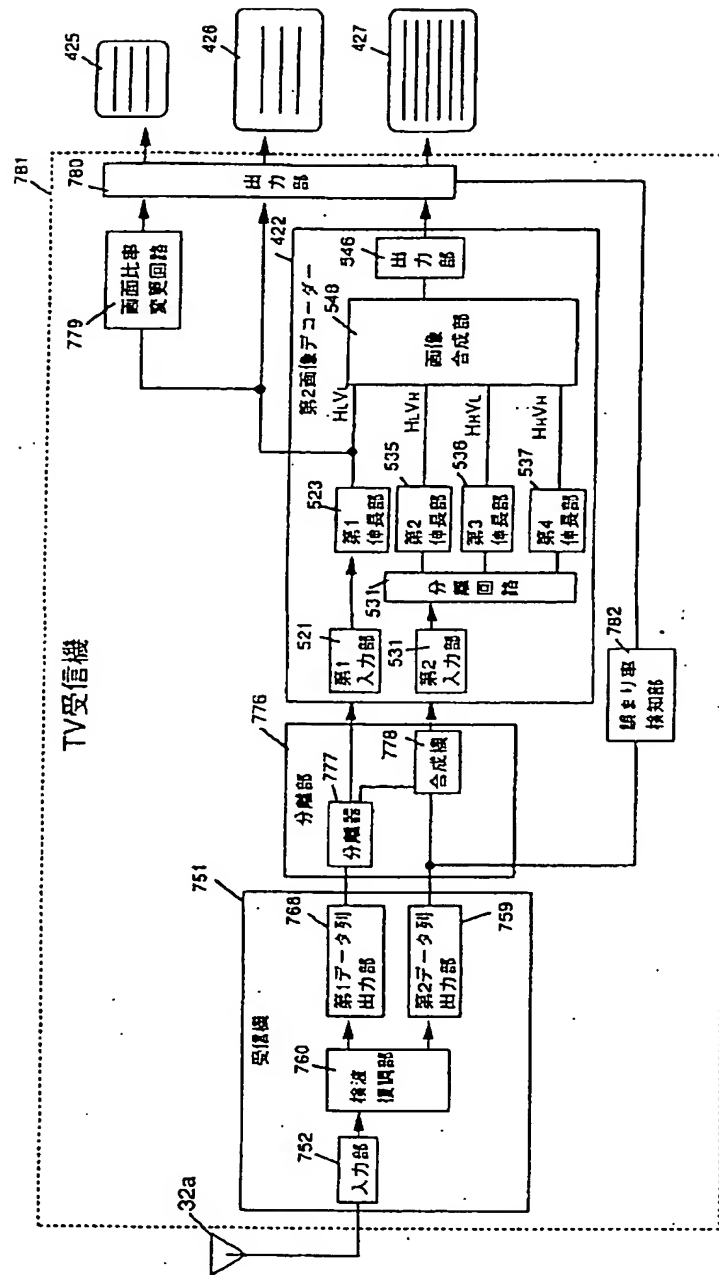
【図63】



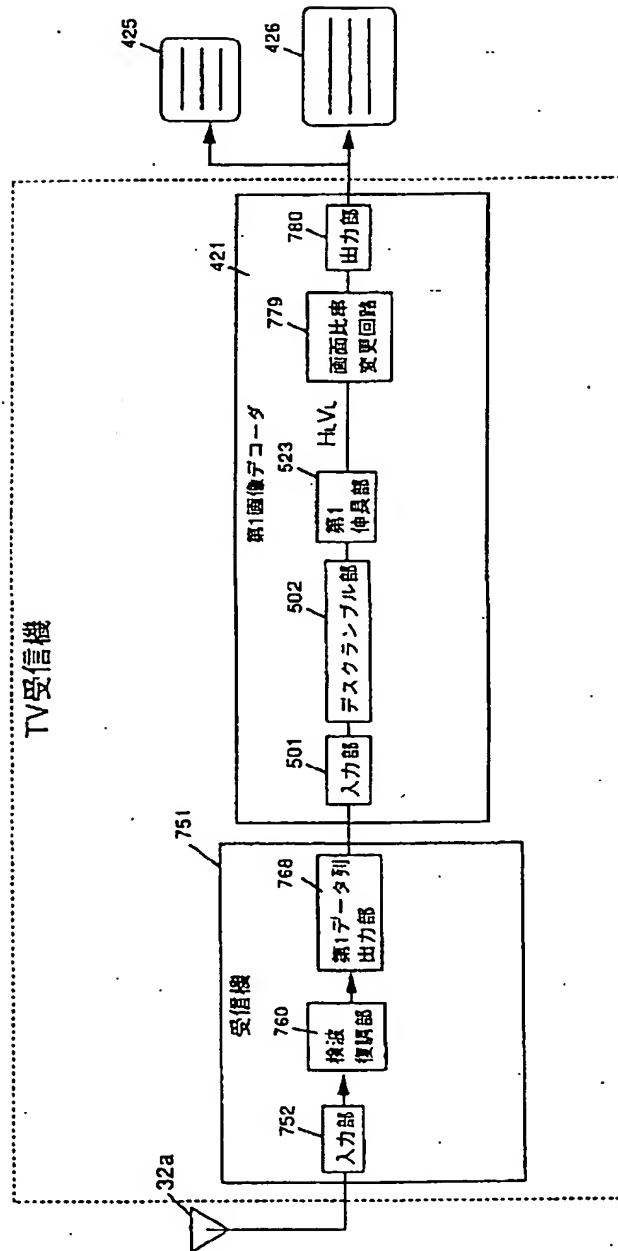
【図64】



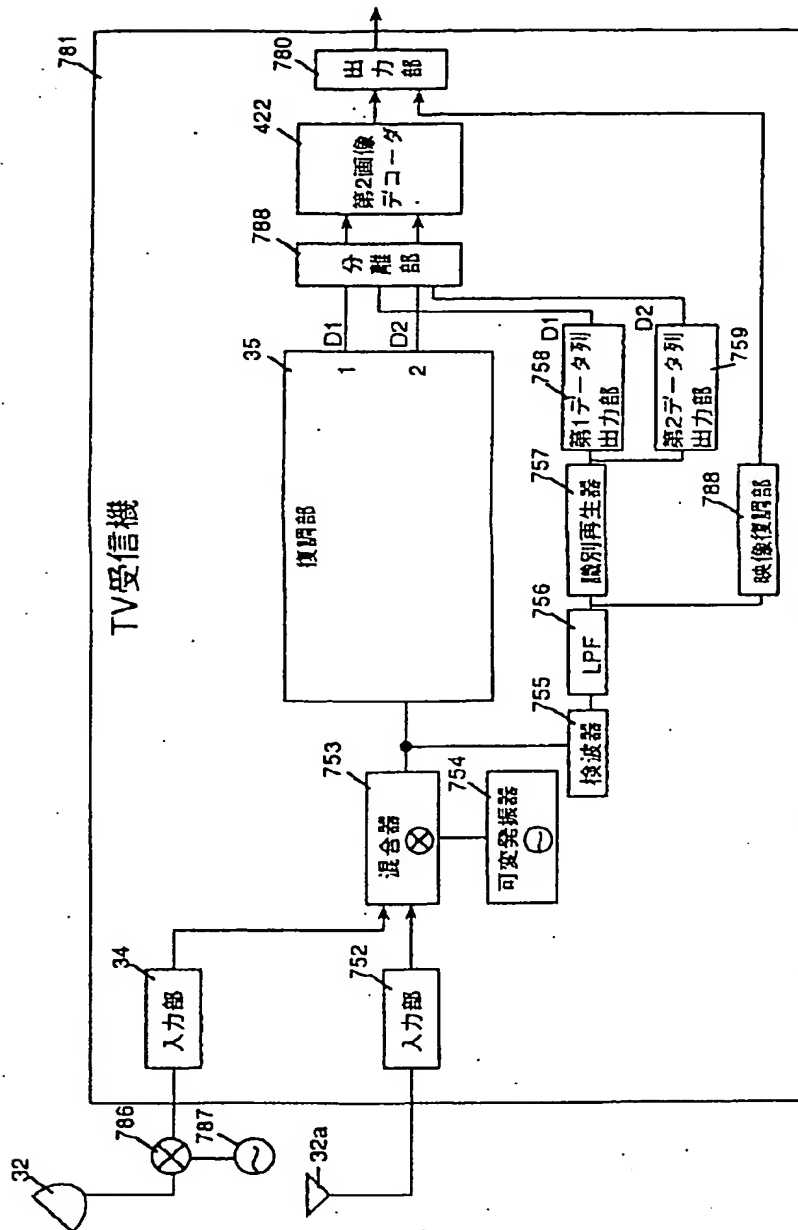
【図65】



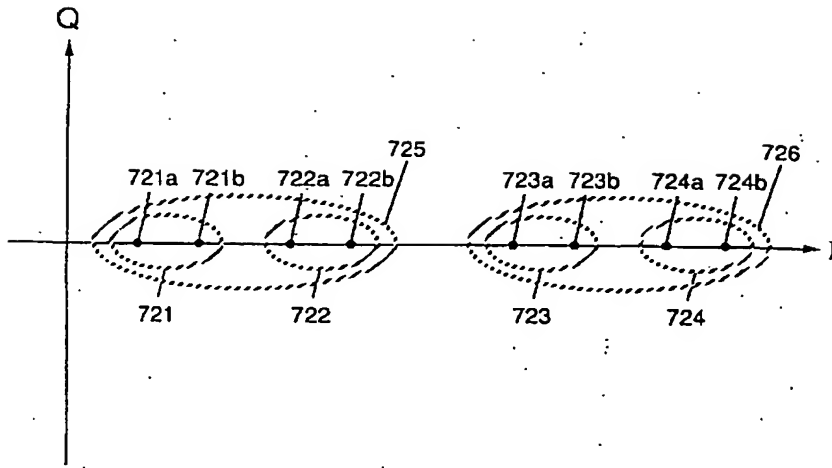
【図 66】



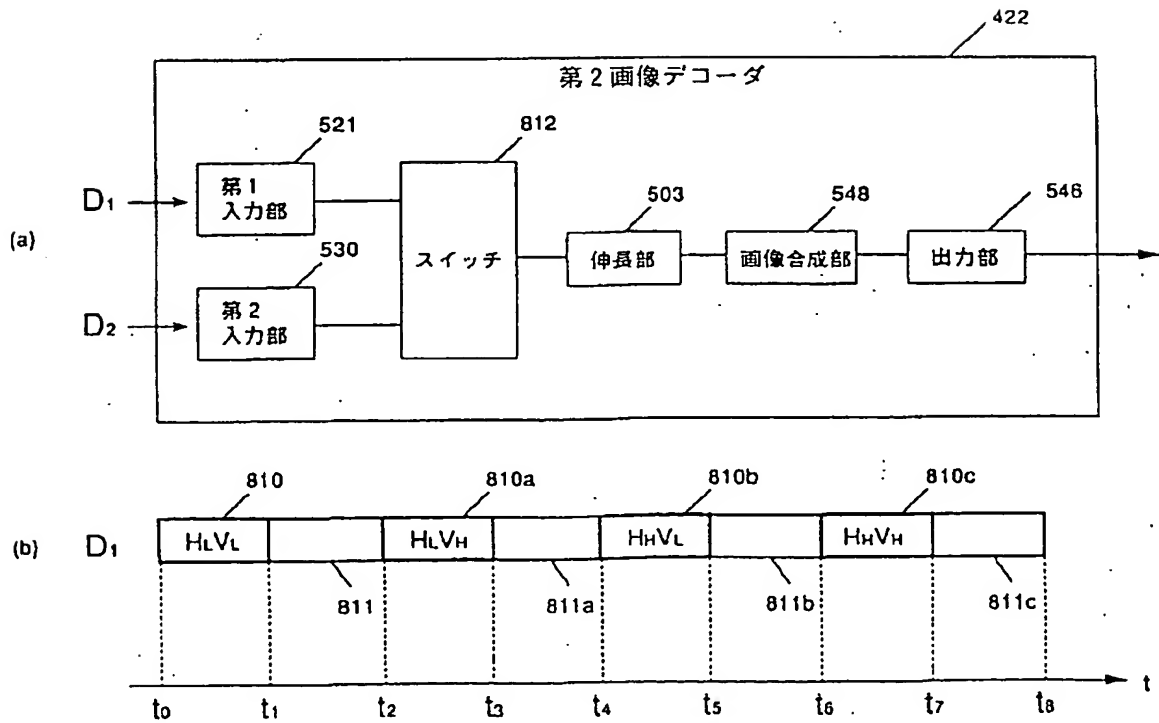
【図67】



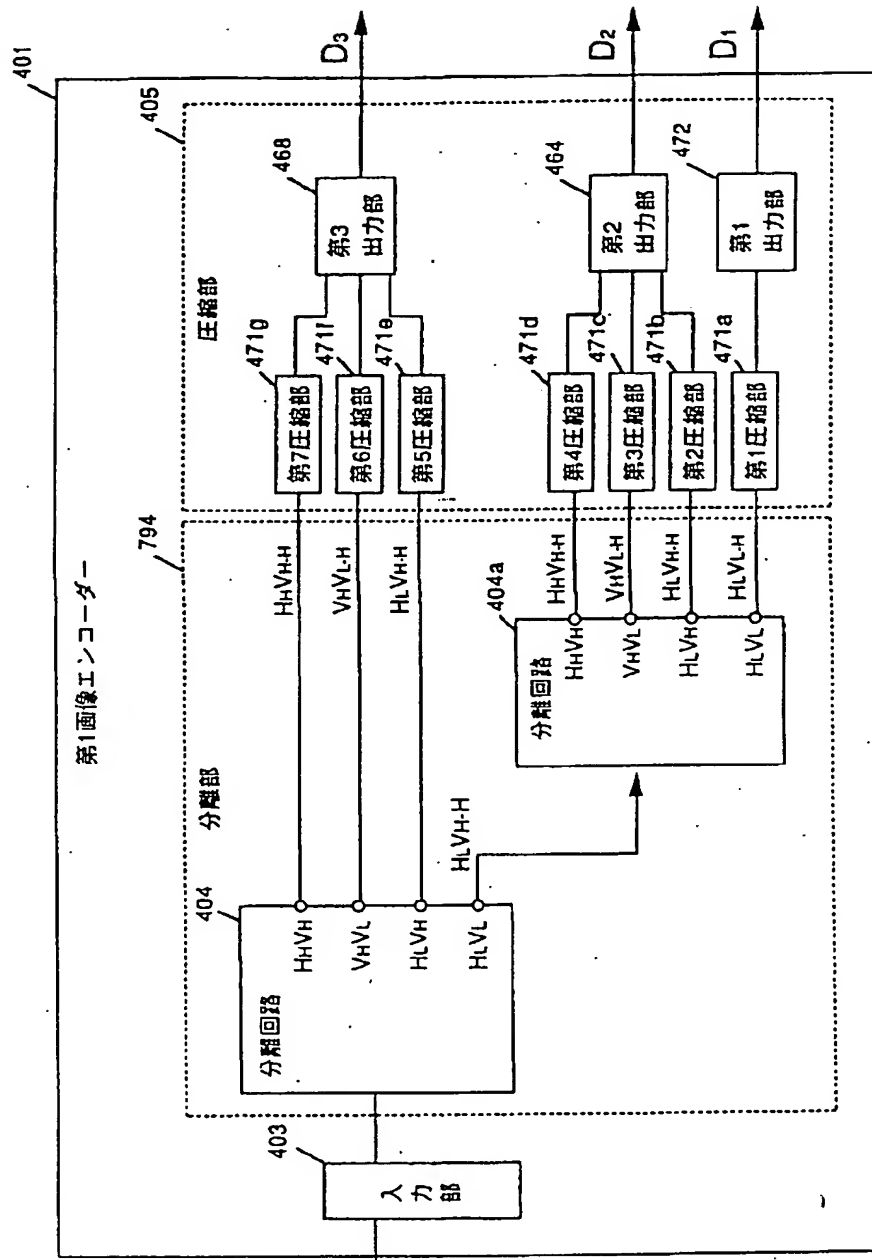
【図68】



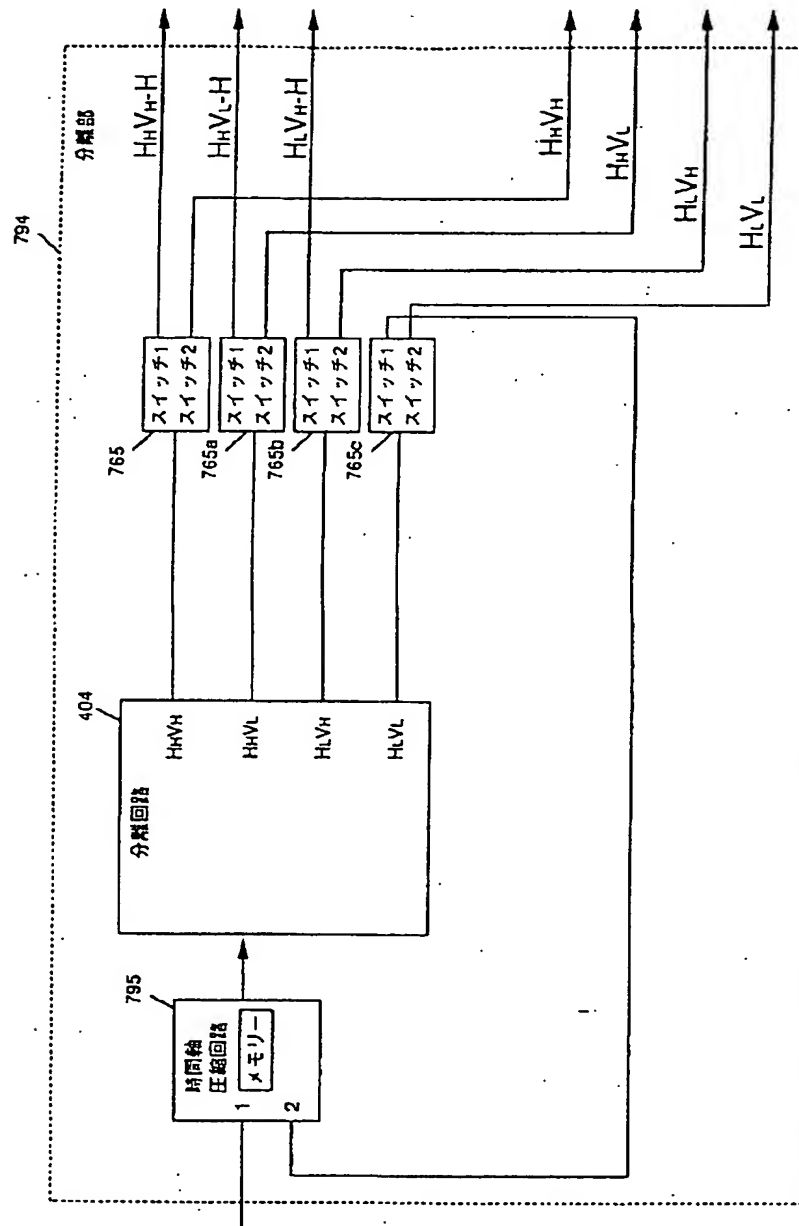
【図74】



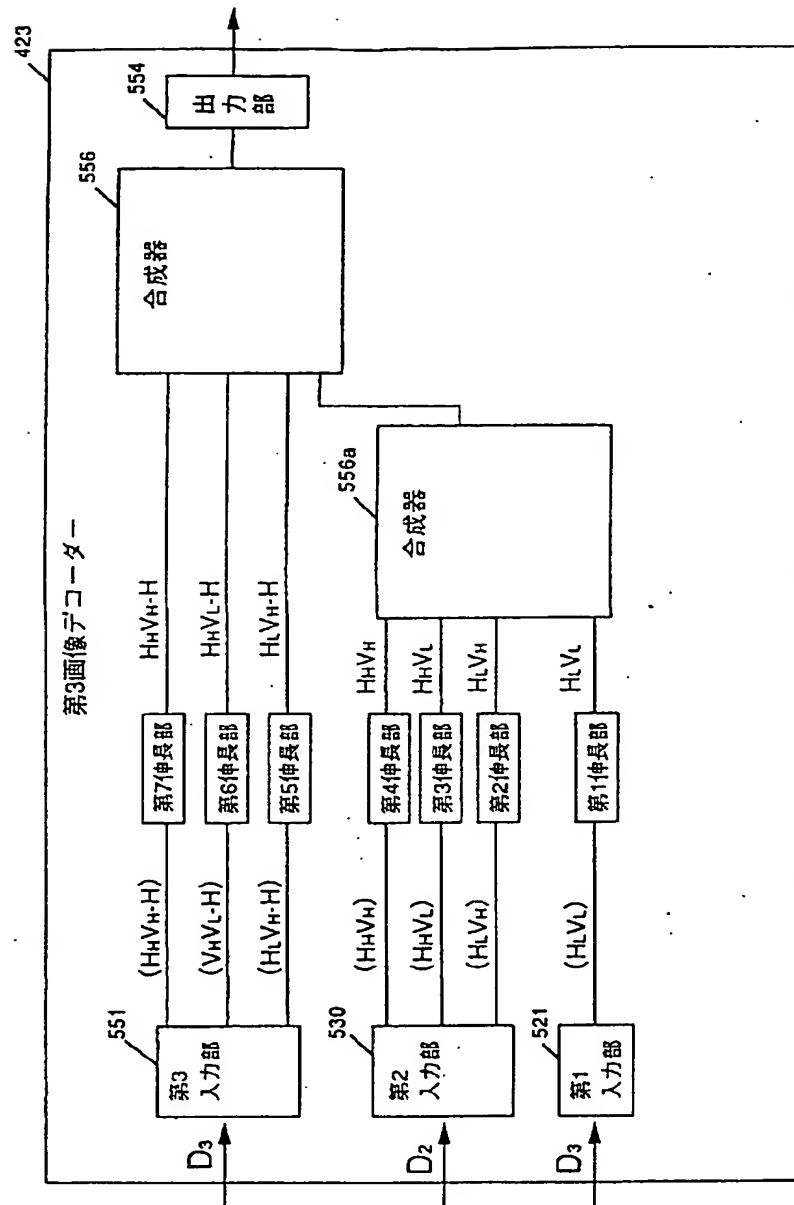
【図69】



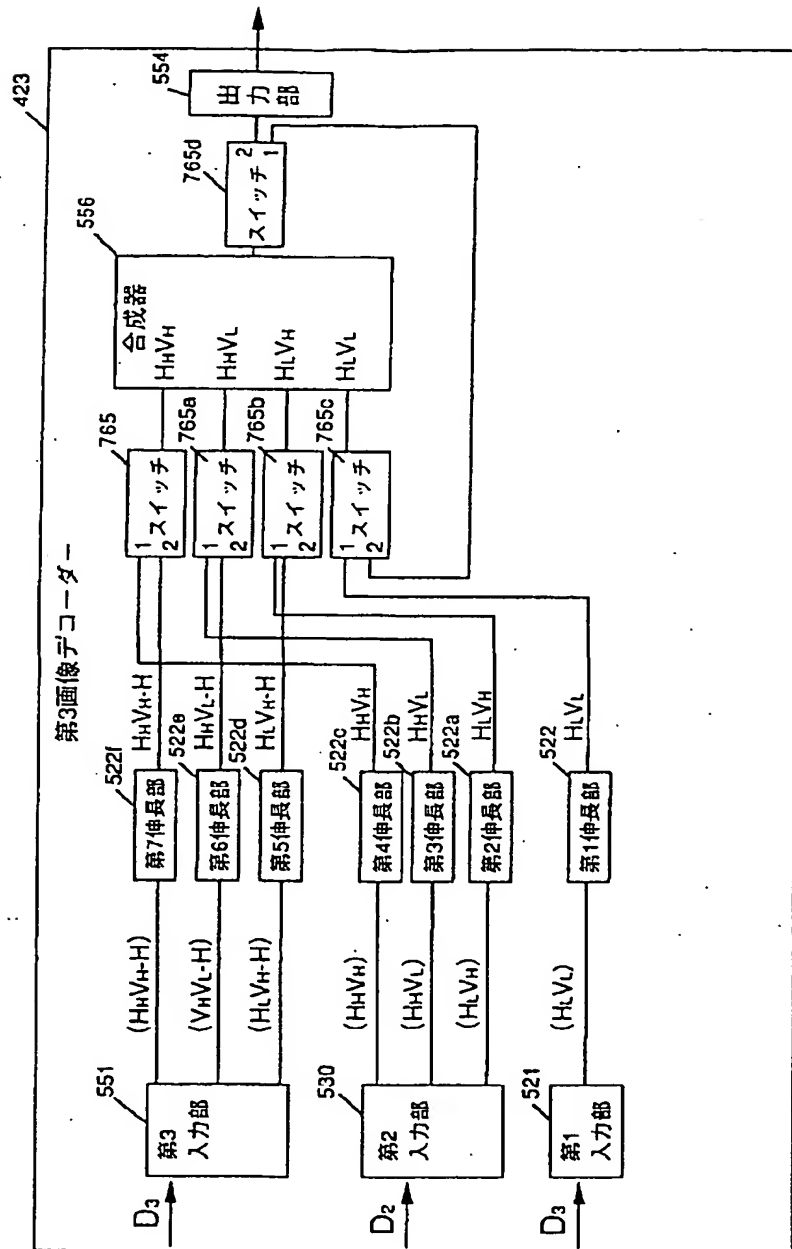
【図70】



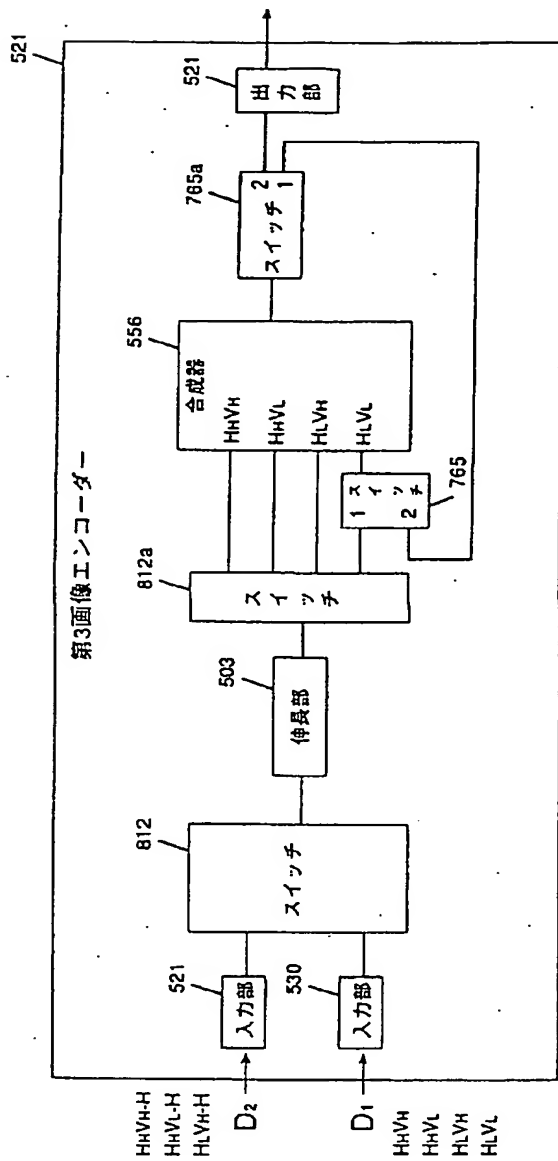
· -87-



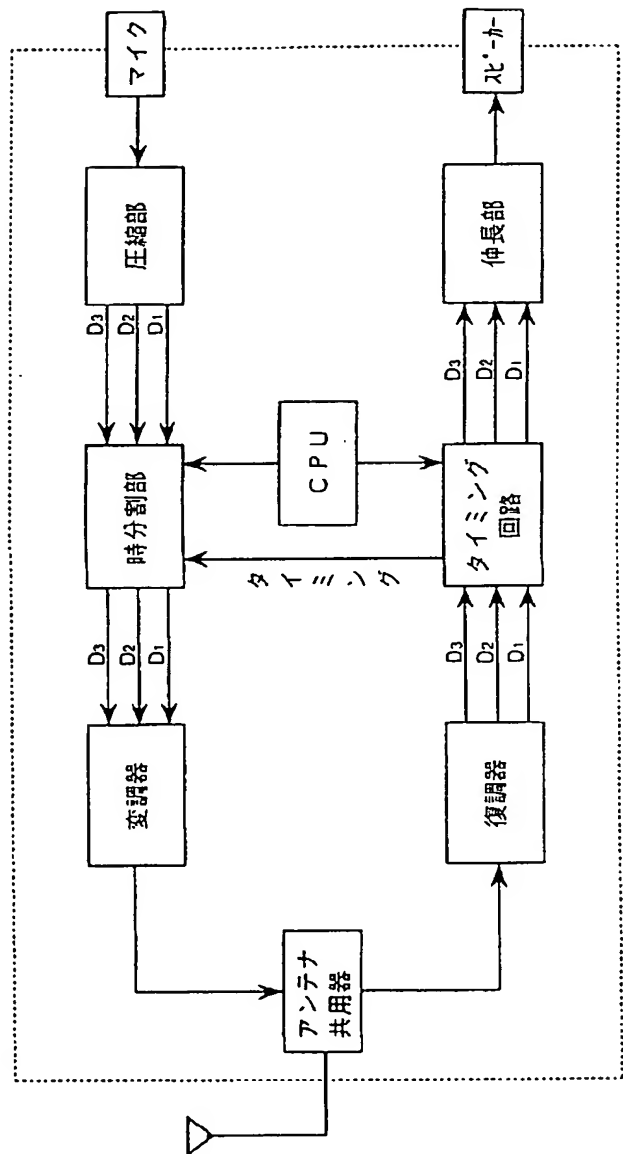
【図72】



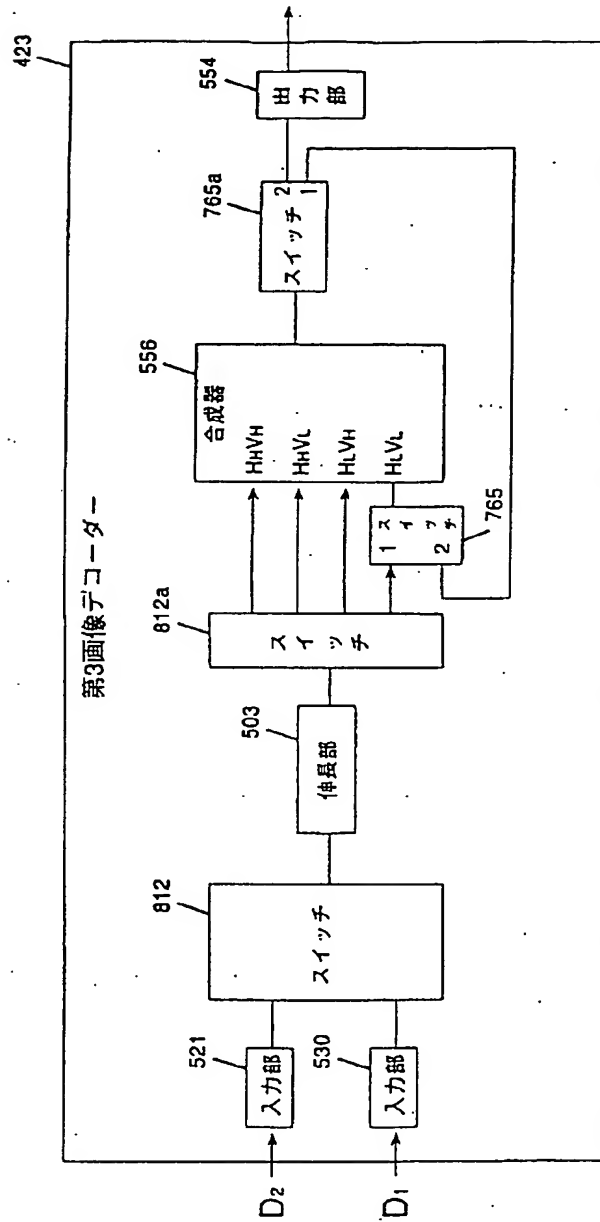
【図 78】



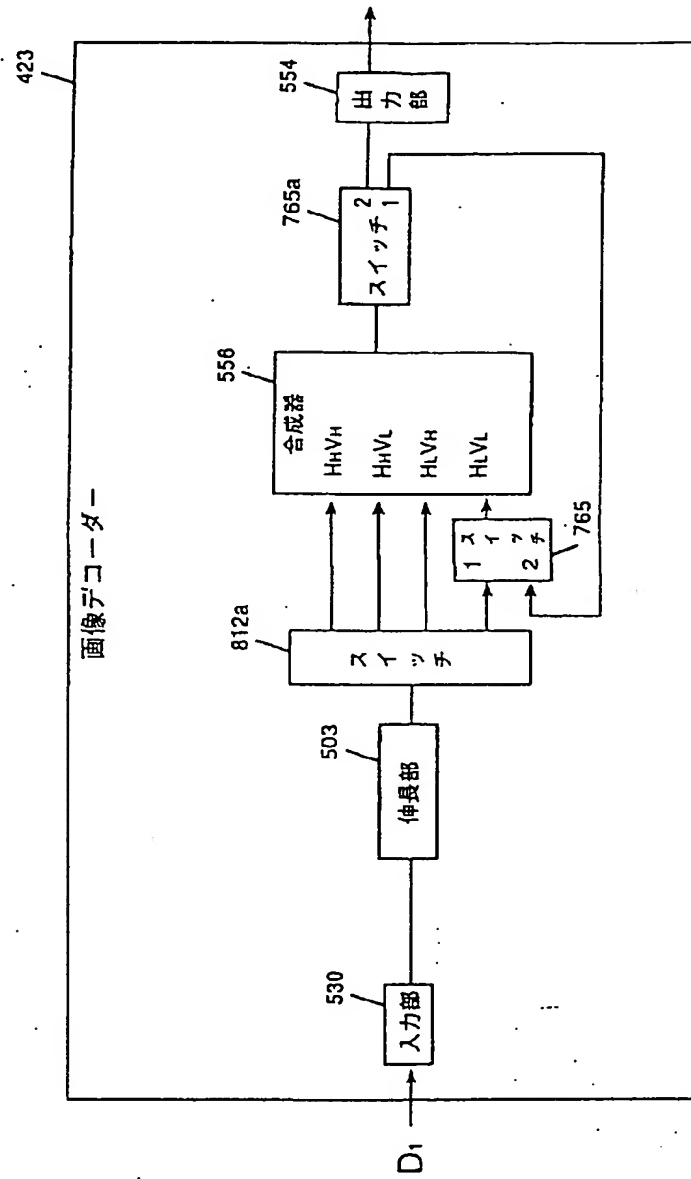
【図 115】



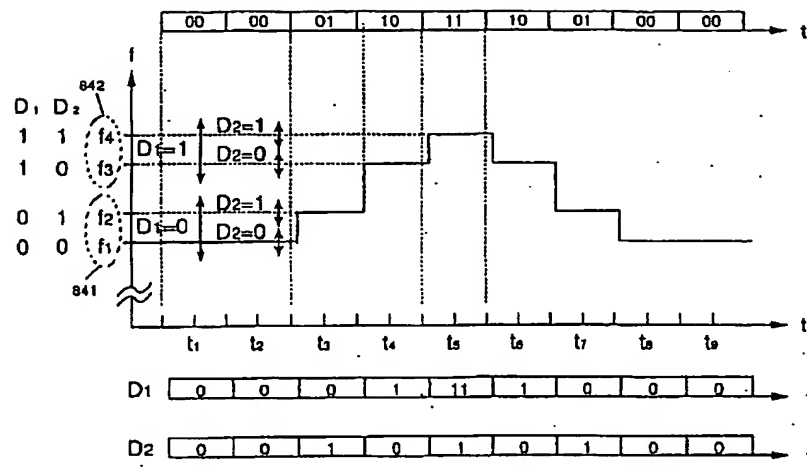
【図 80】



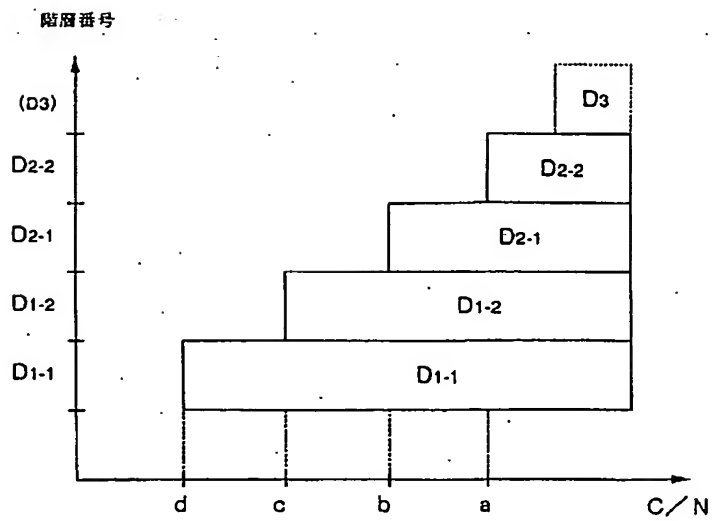
【図 82】



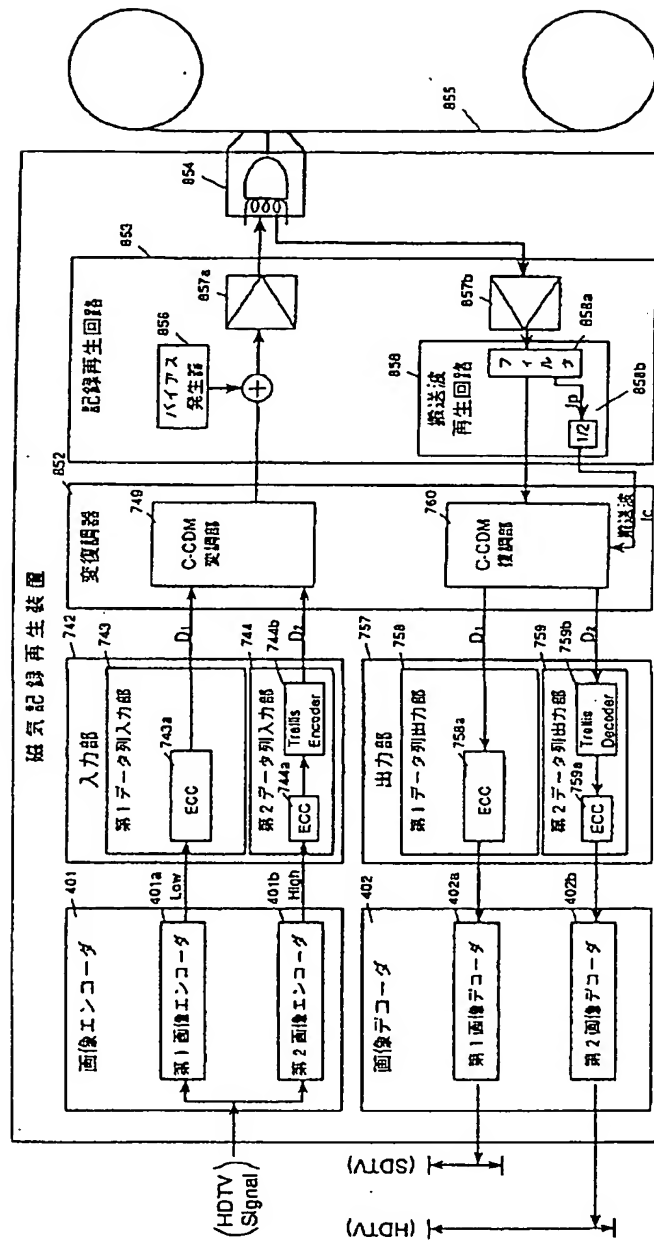
【図 8 3】



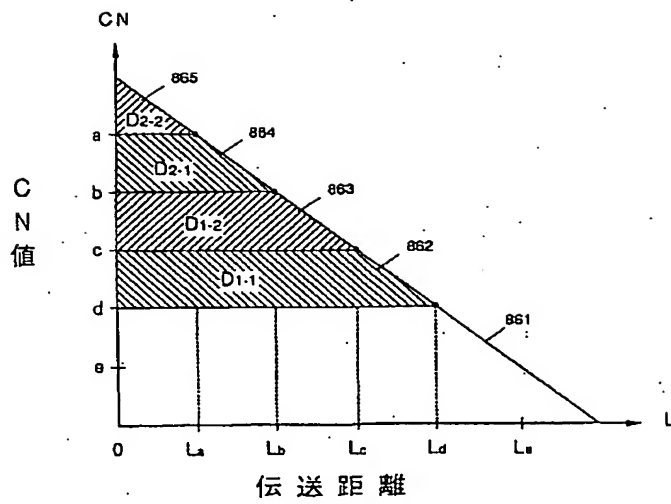
【図 8 5】



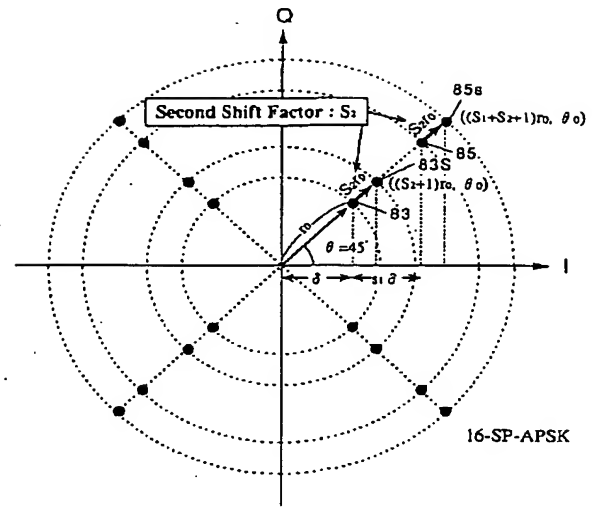
【図 84】



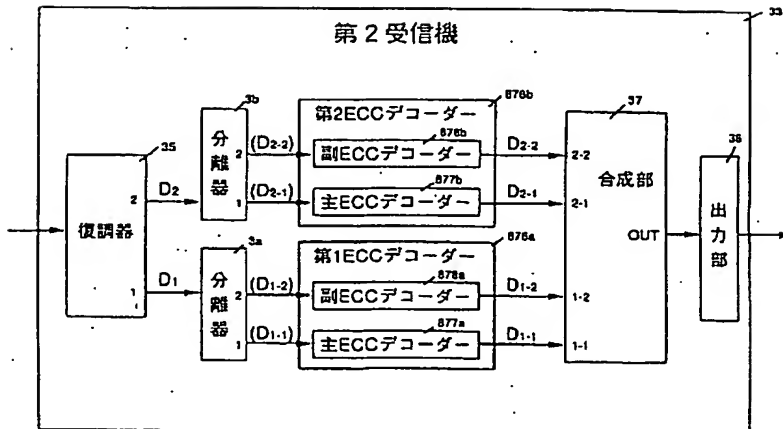
【図 86】



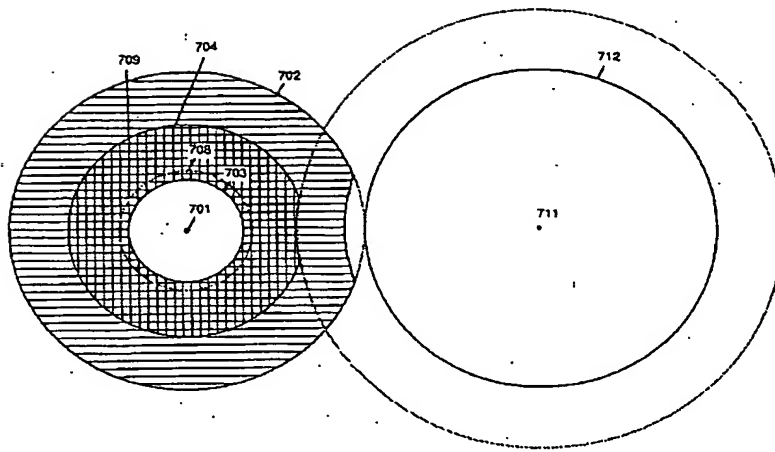
【図 140】



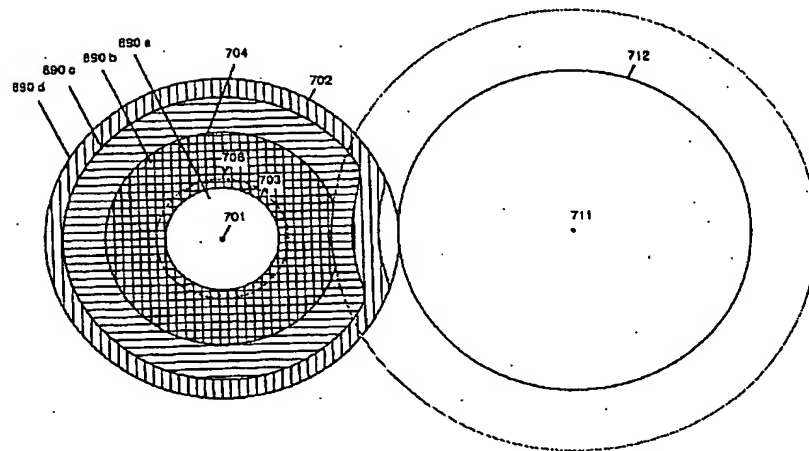
【図 88】



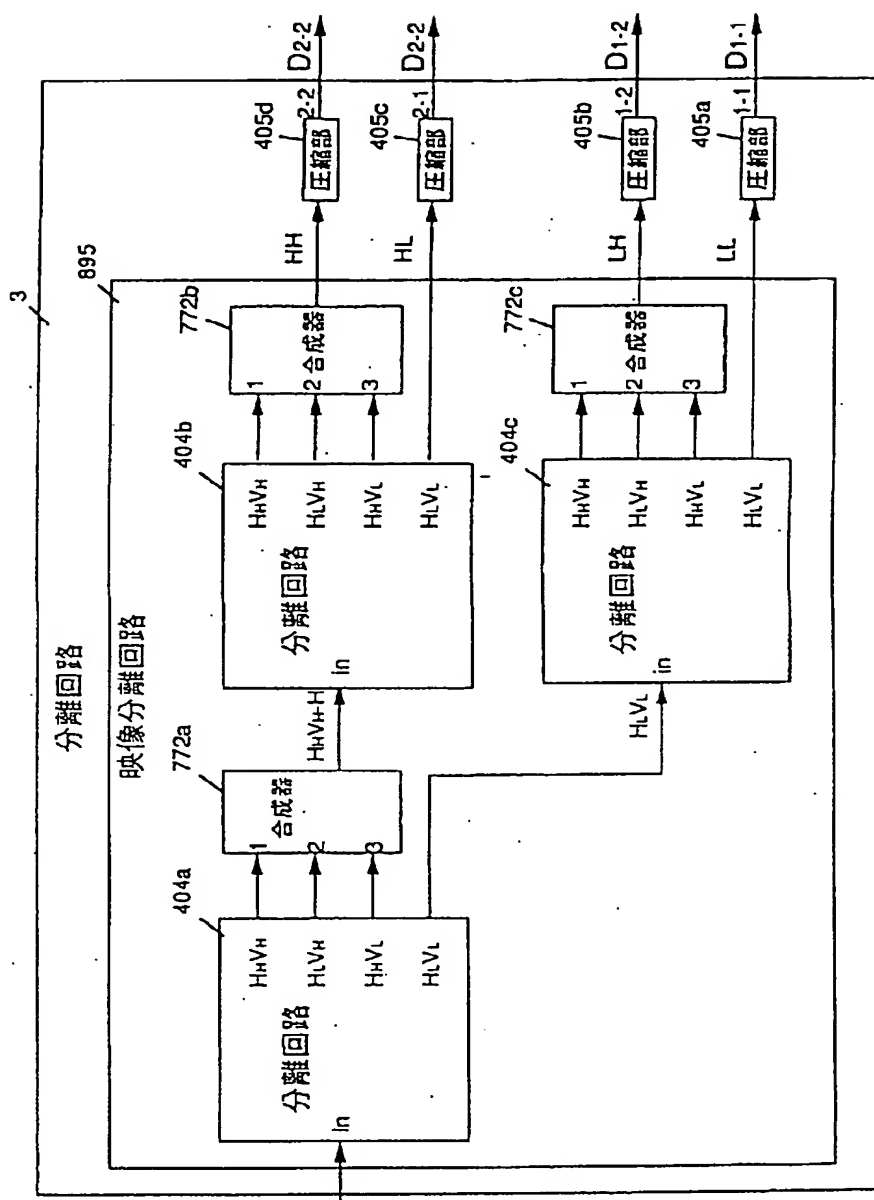
【図 90】



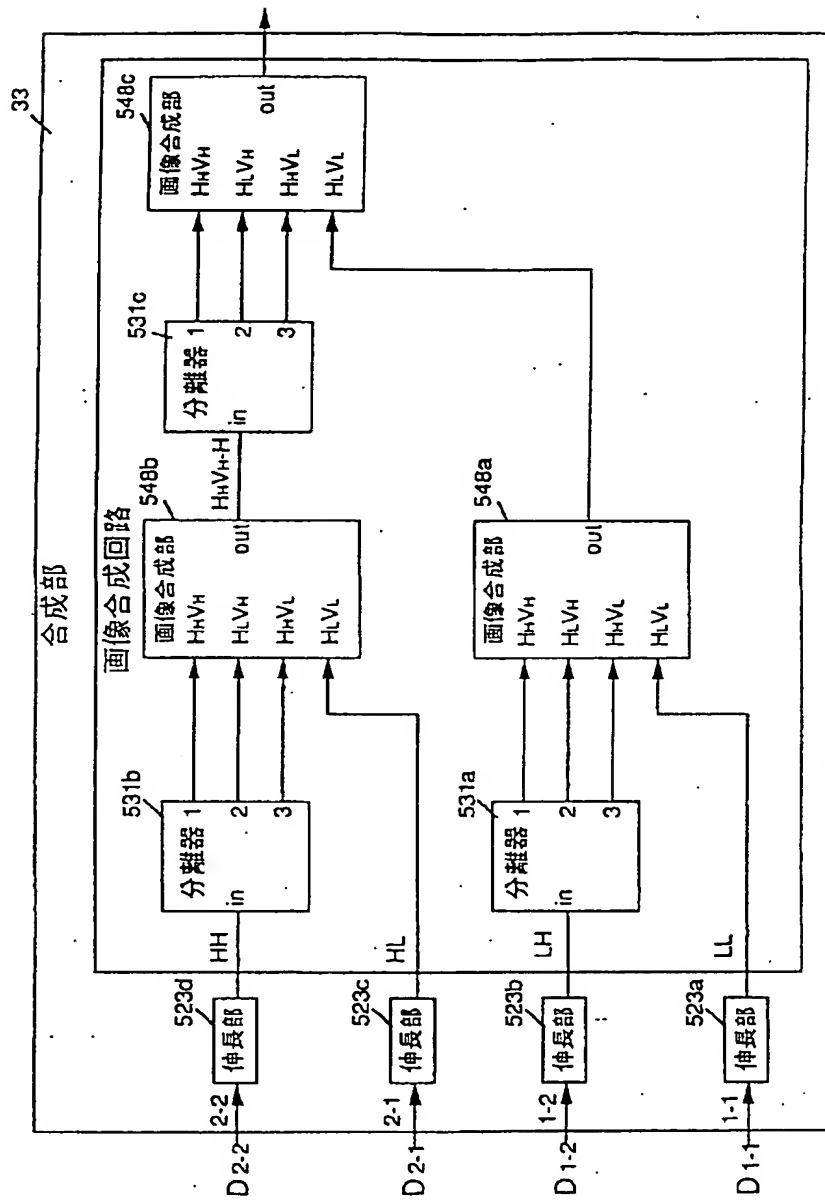
【図 91】



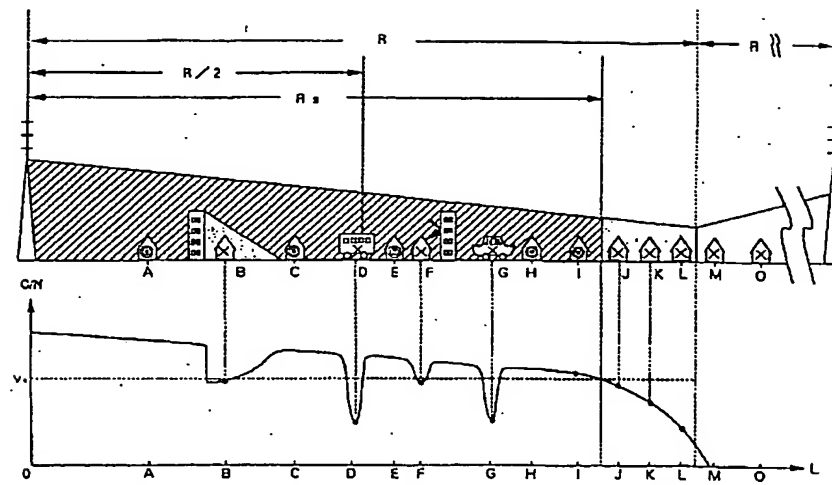
— 96 —



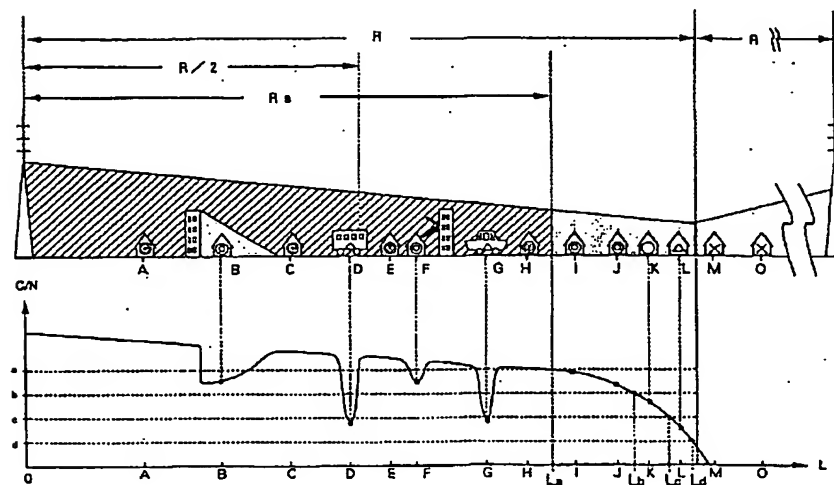
【図 9 4】



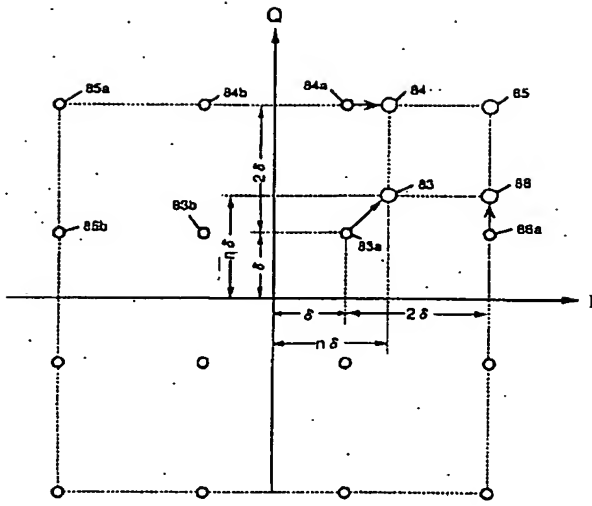
【図96】



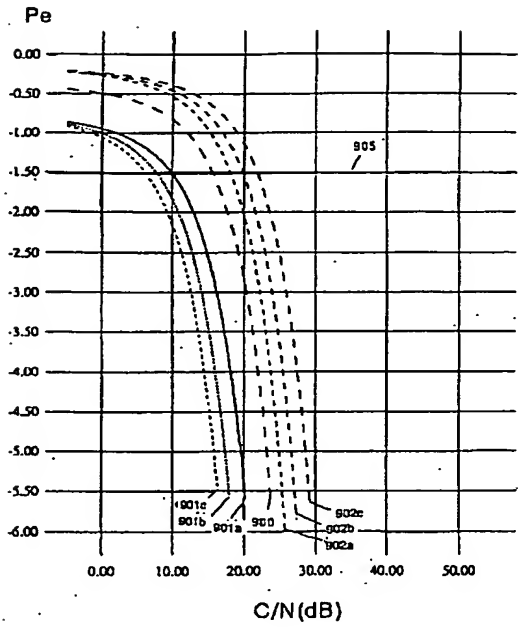
【図97】



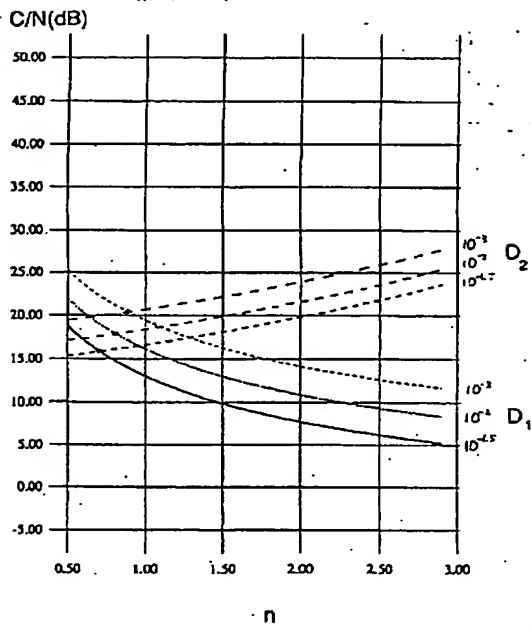
【図 99】



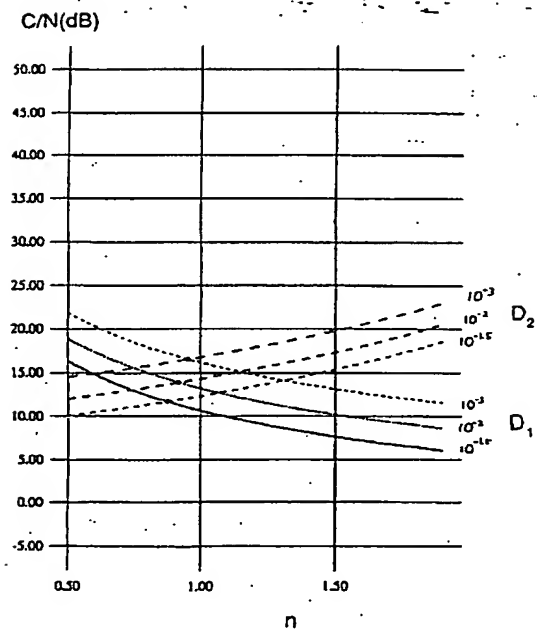
【図 101】



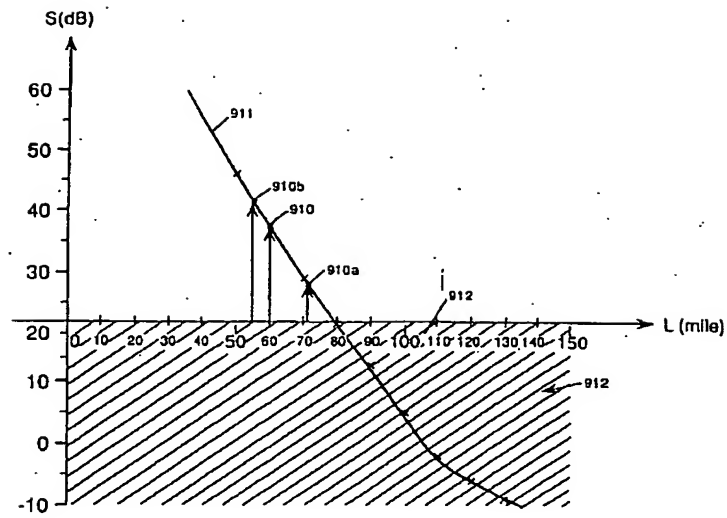
【図 103】



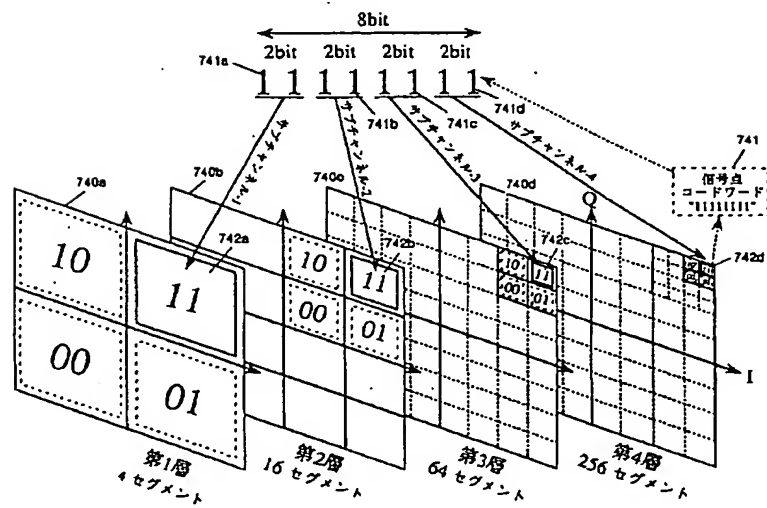
【図 104】



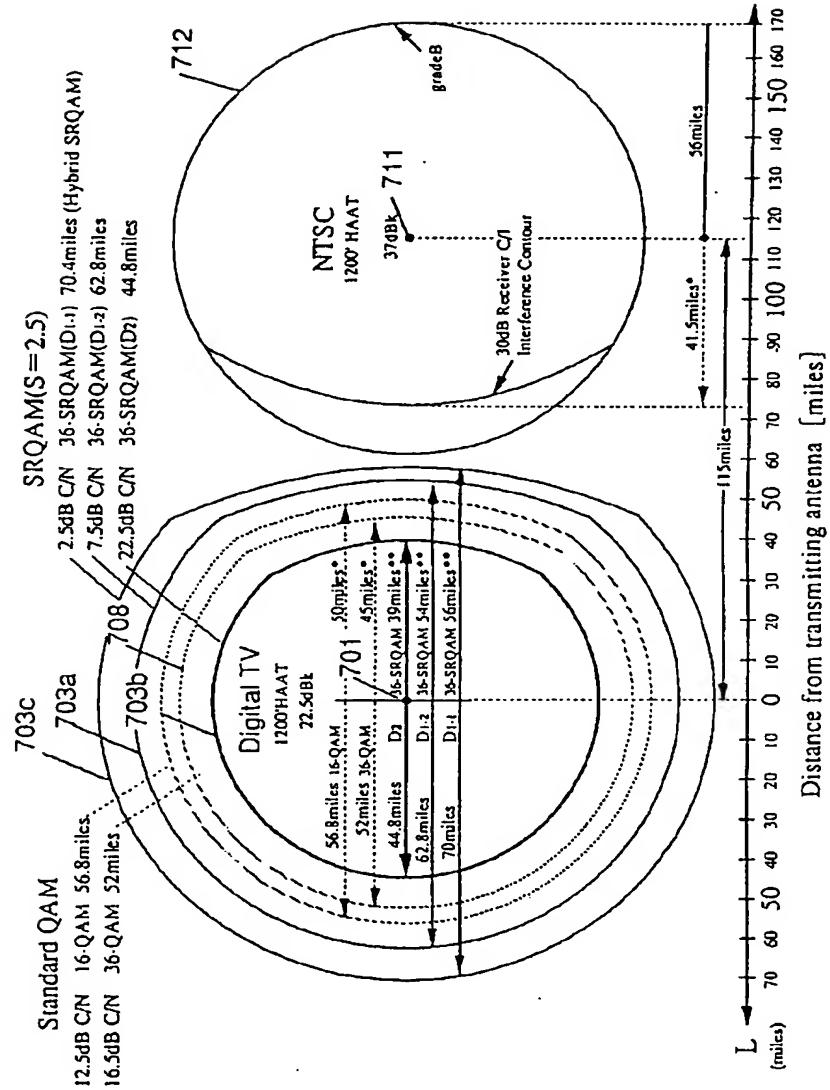
【図105】



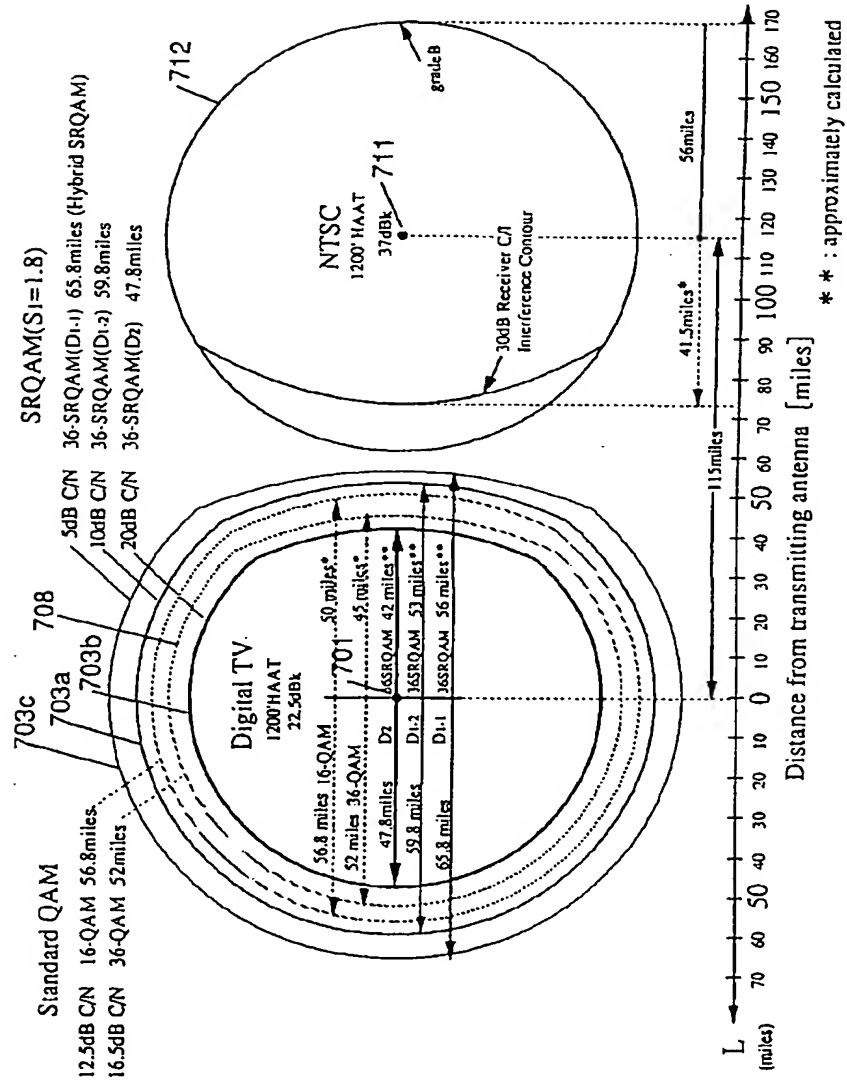
【図110】



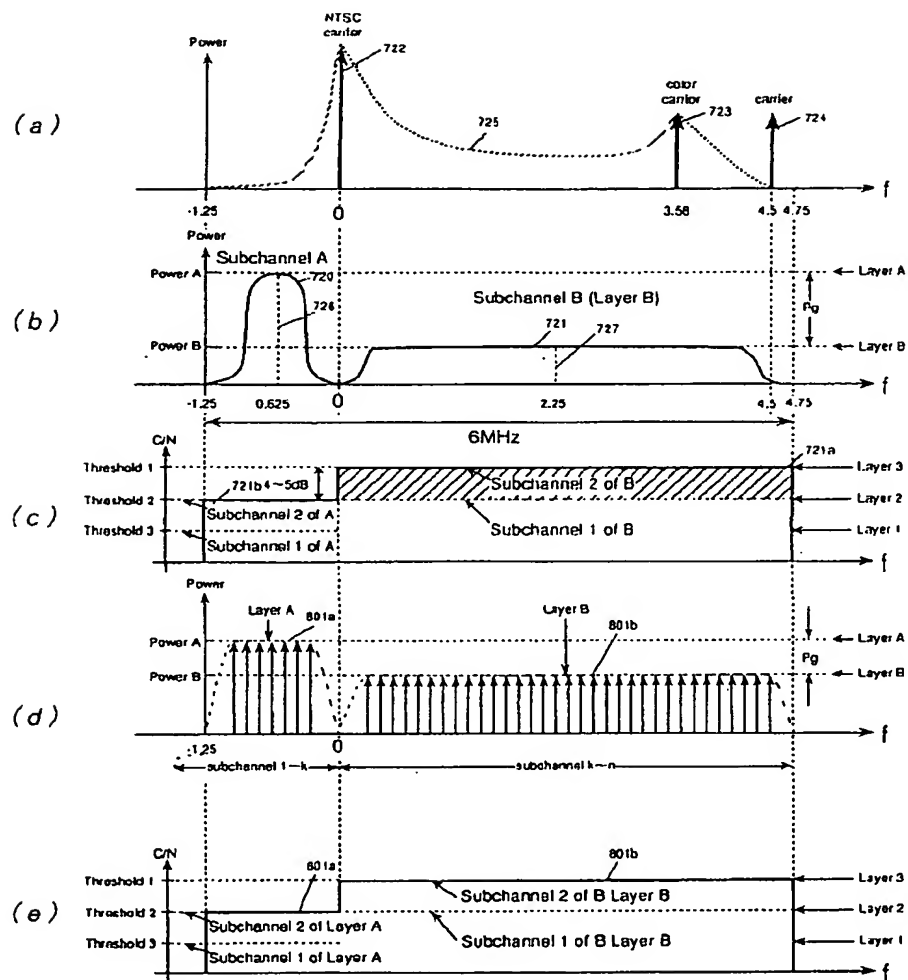
【図106】



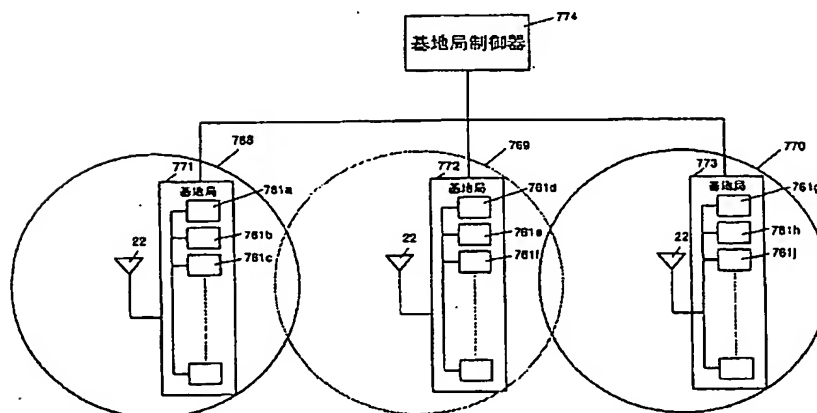
【図107】



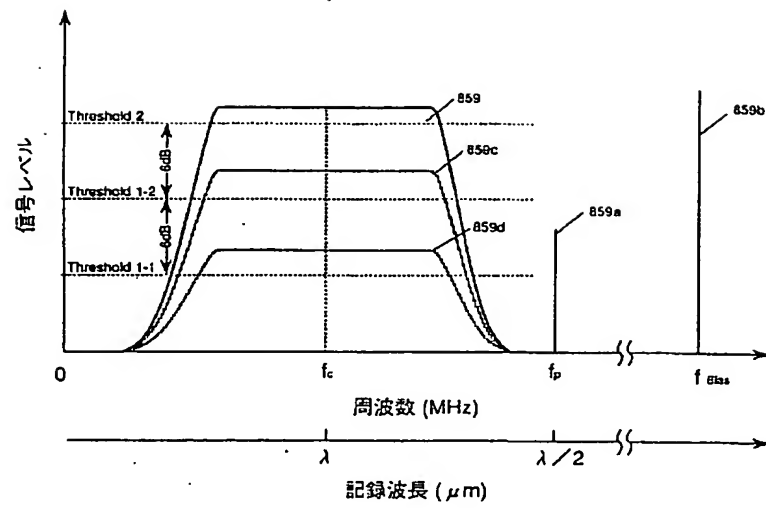
【図 108】



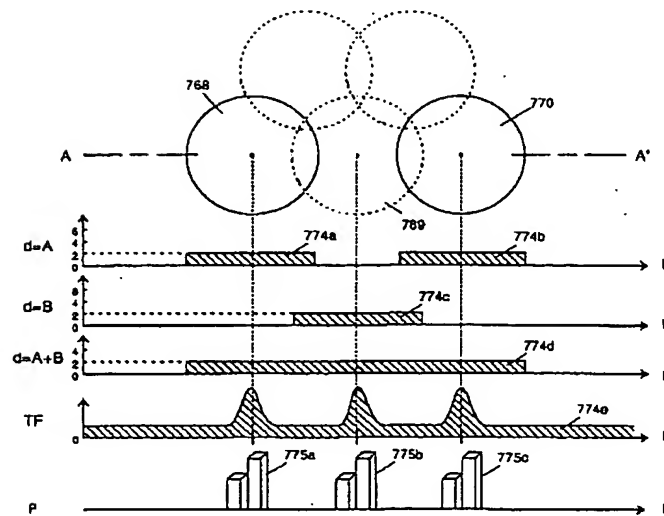
【図 116】



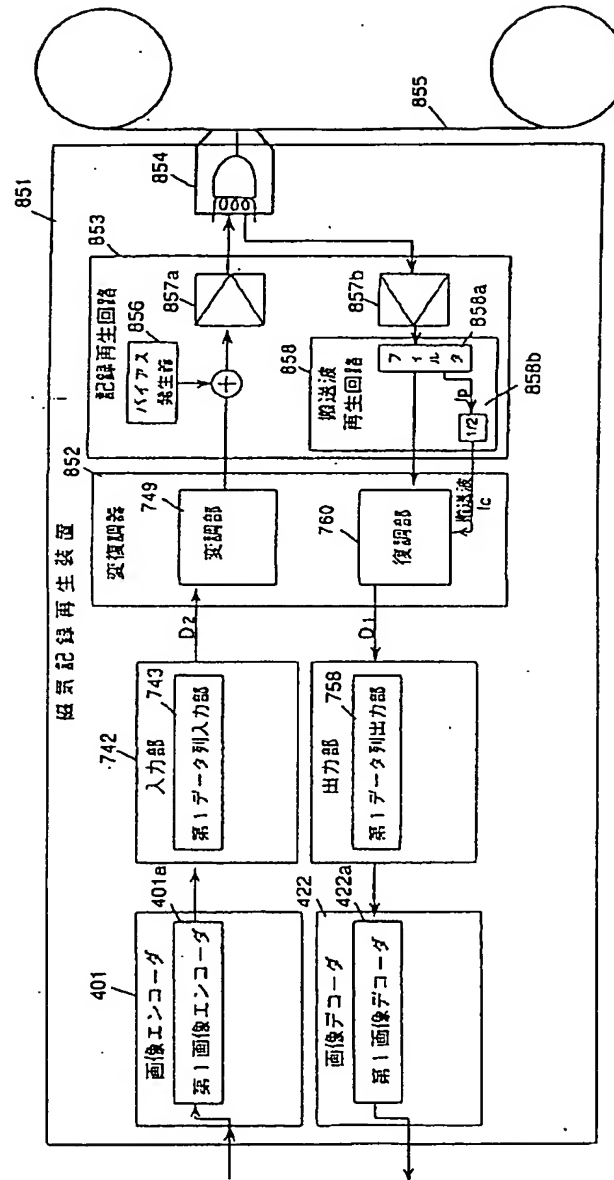
【図 113】



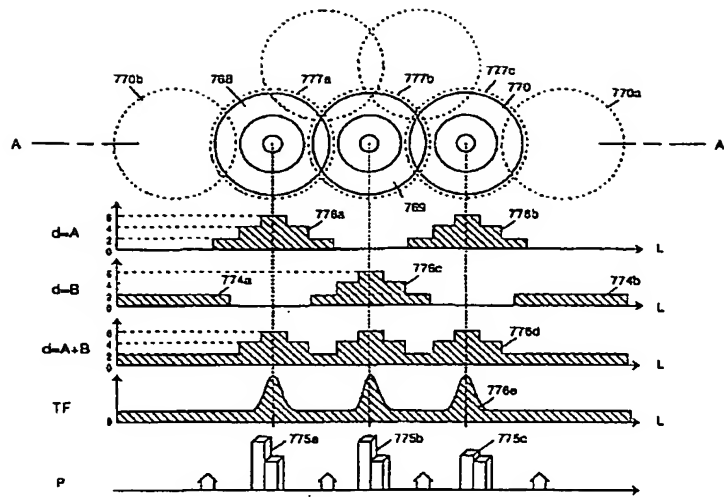
【図 117】



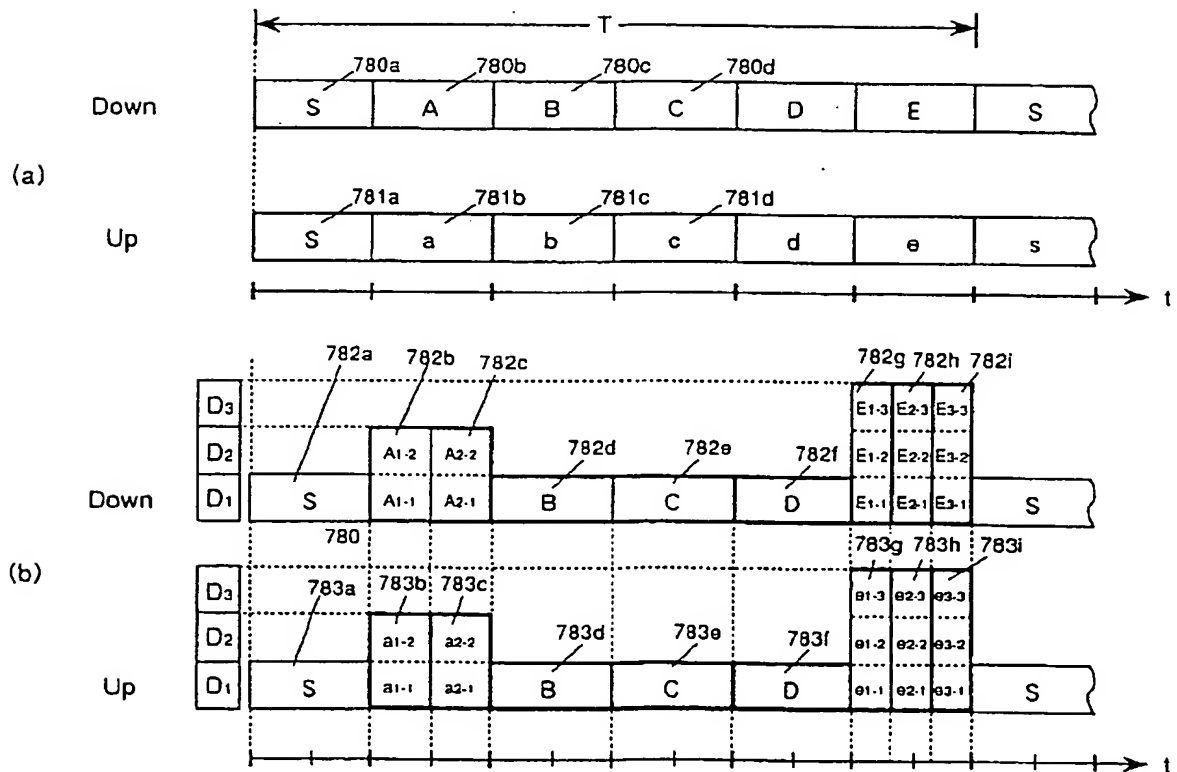
【図 114】



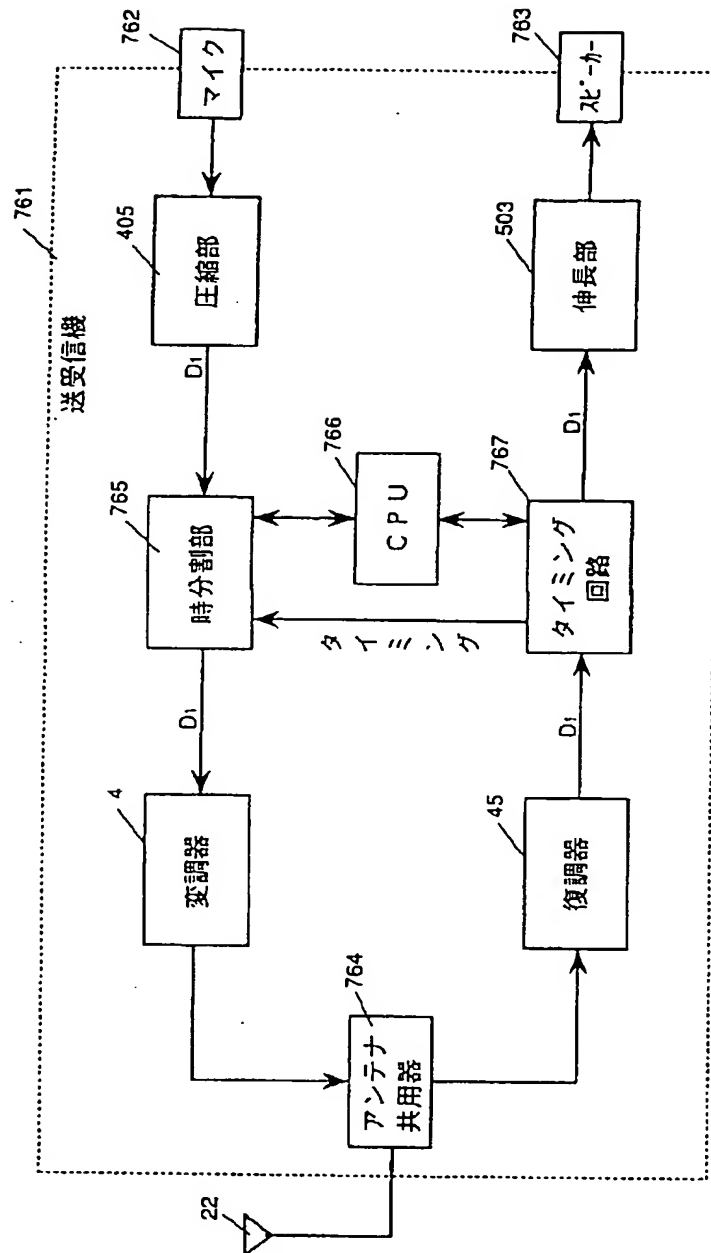
【図 118】



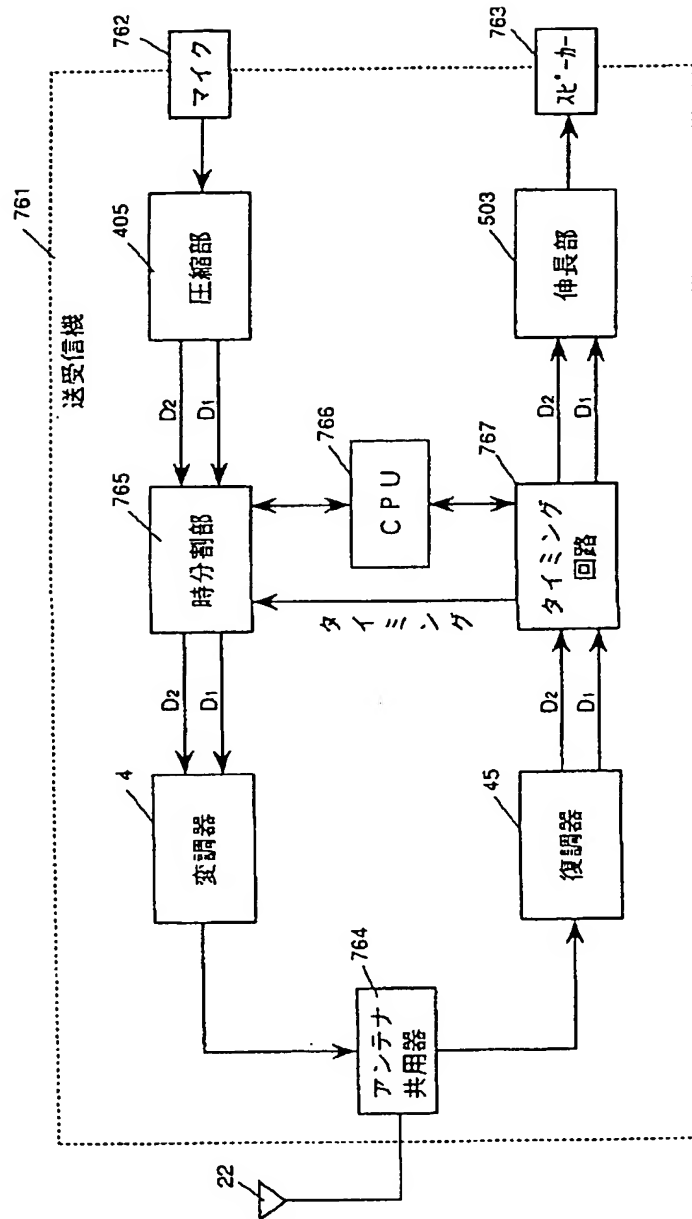
【図 119】



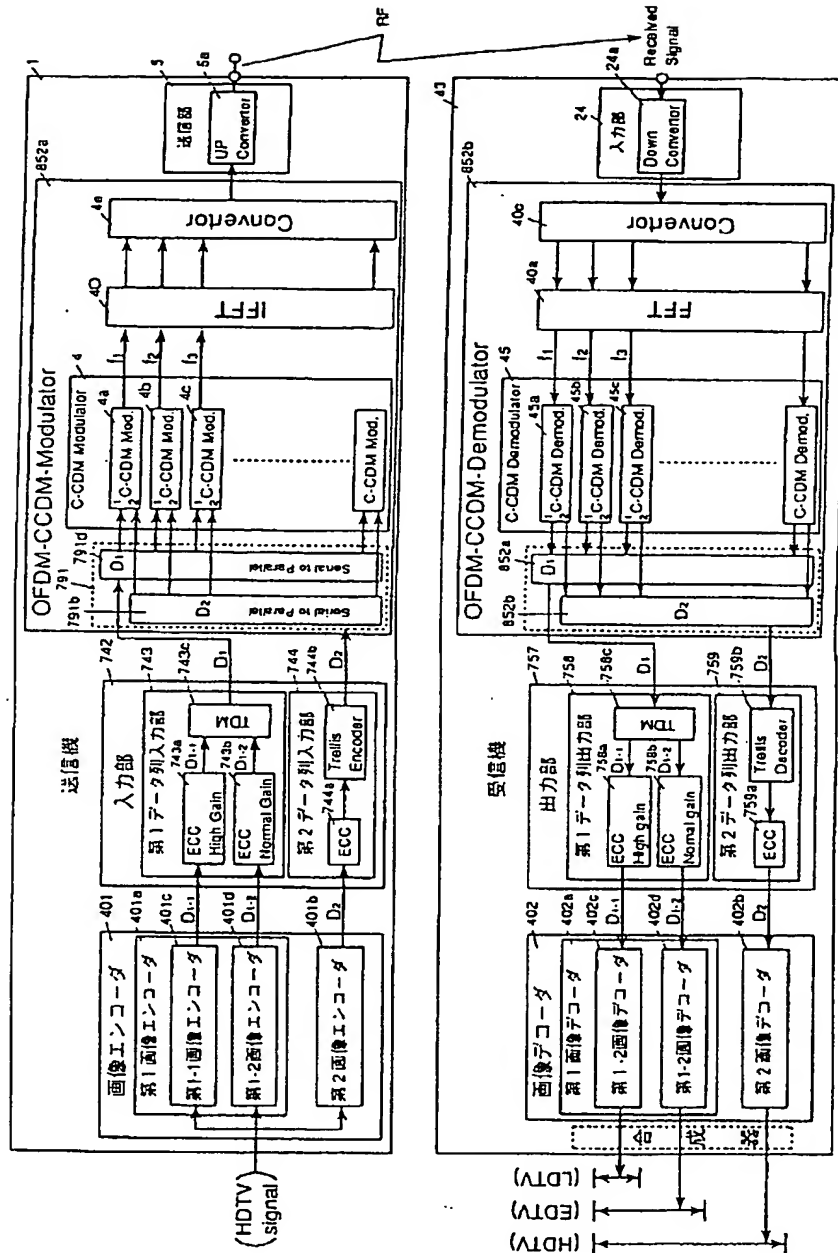
【図 121】



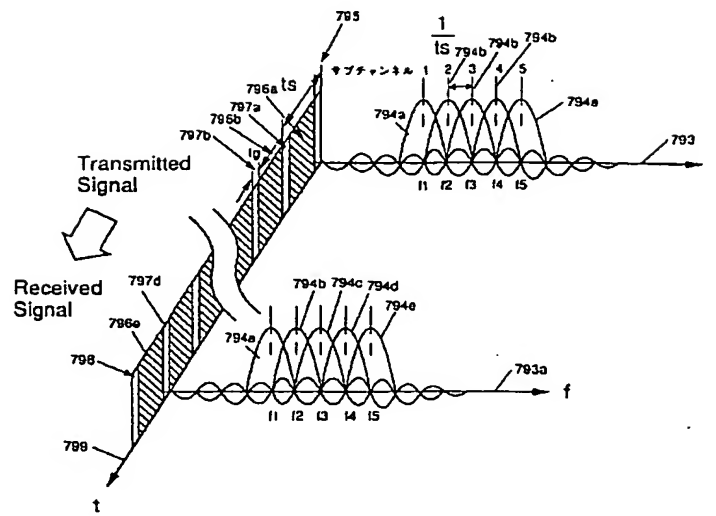
【図 122】



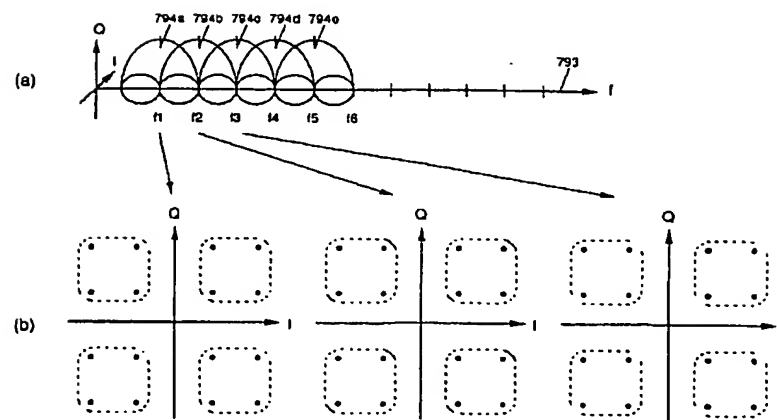
【図 1 2 3】



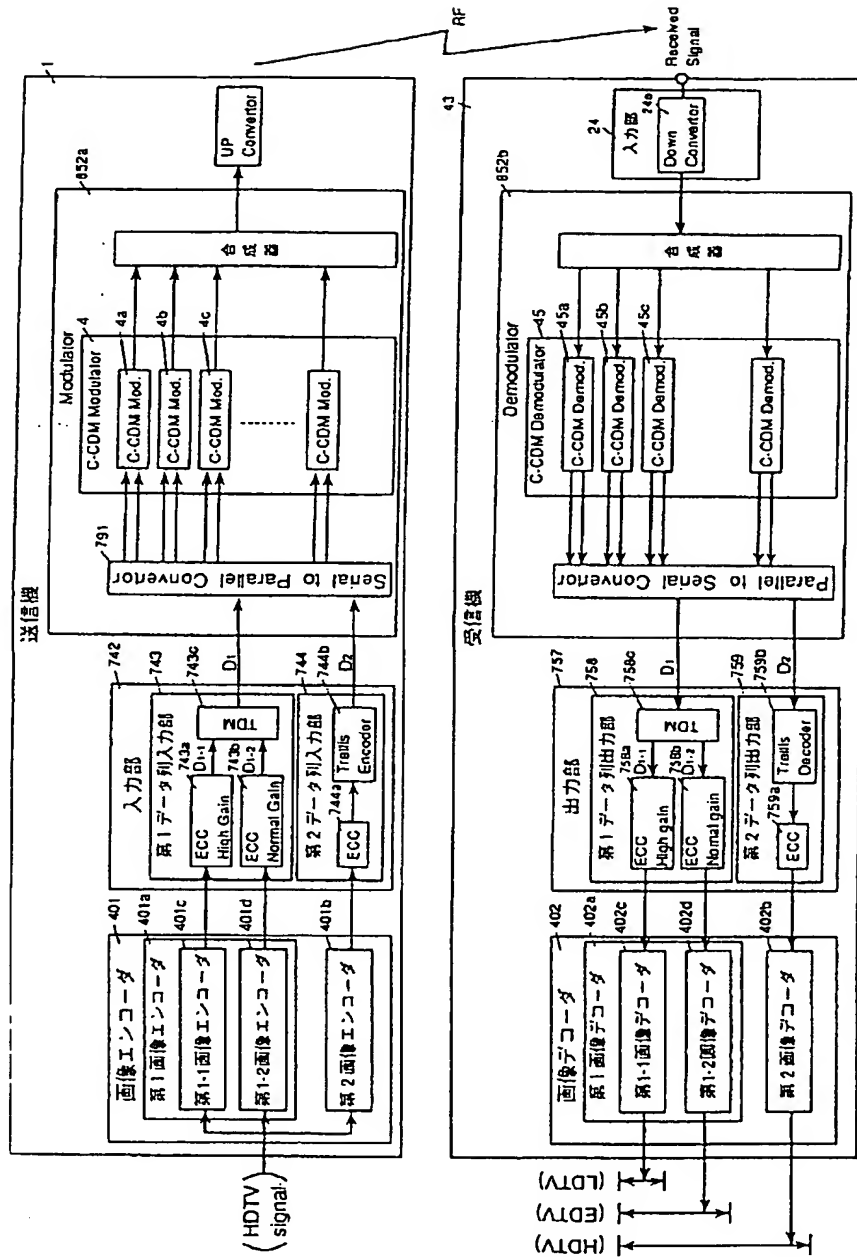
【図 124】



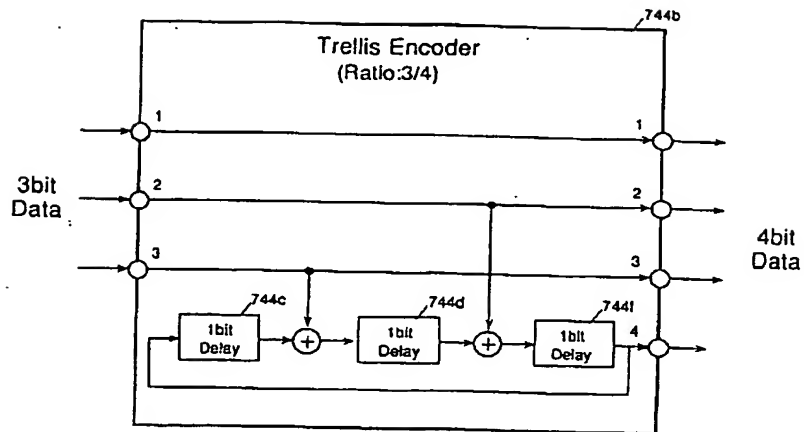
【図 125】



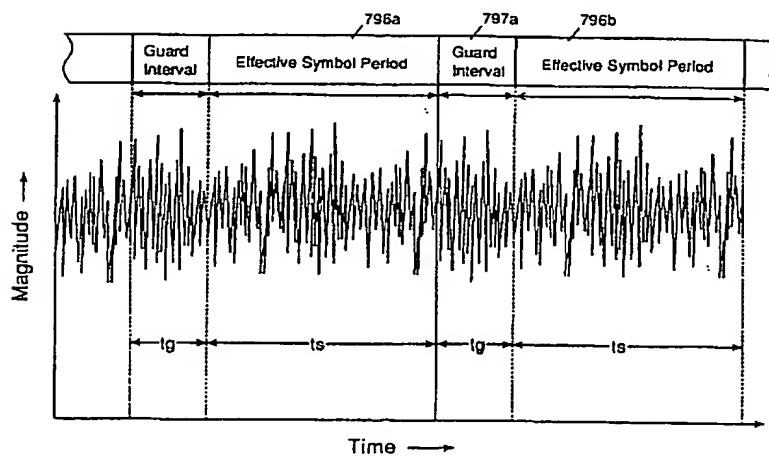
【図127】



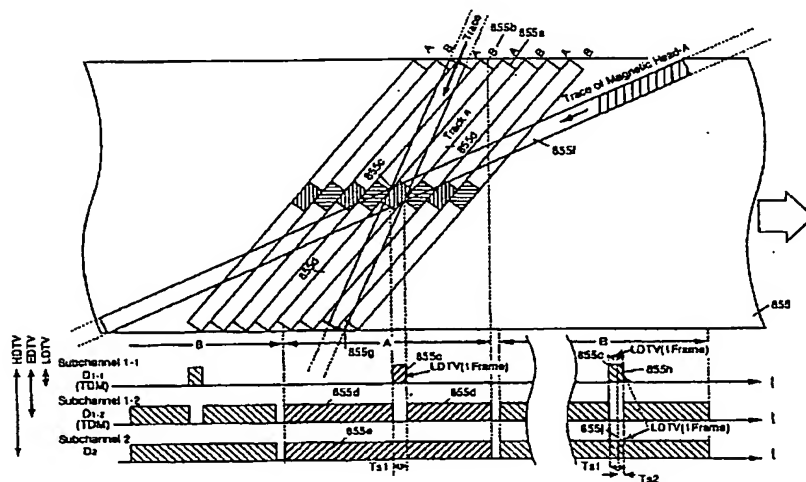
【図128】



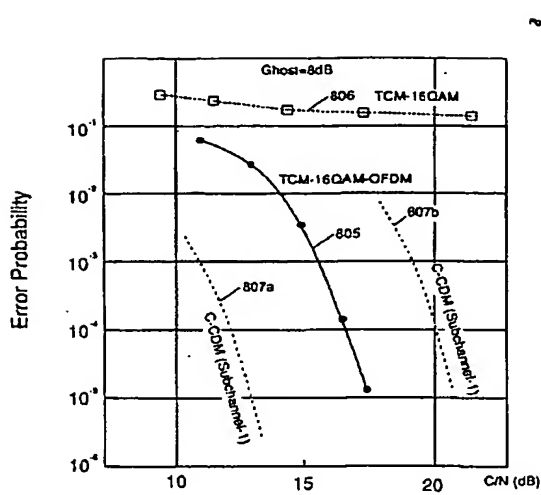
【図129】



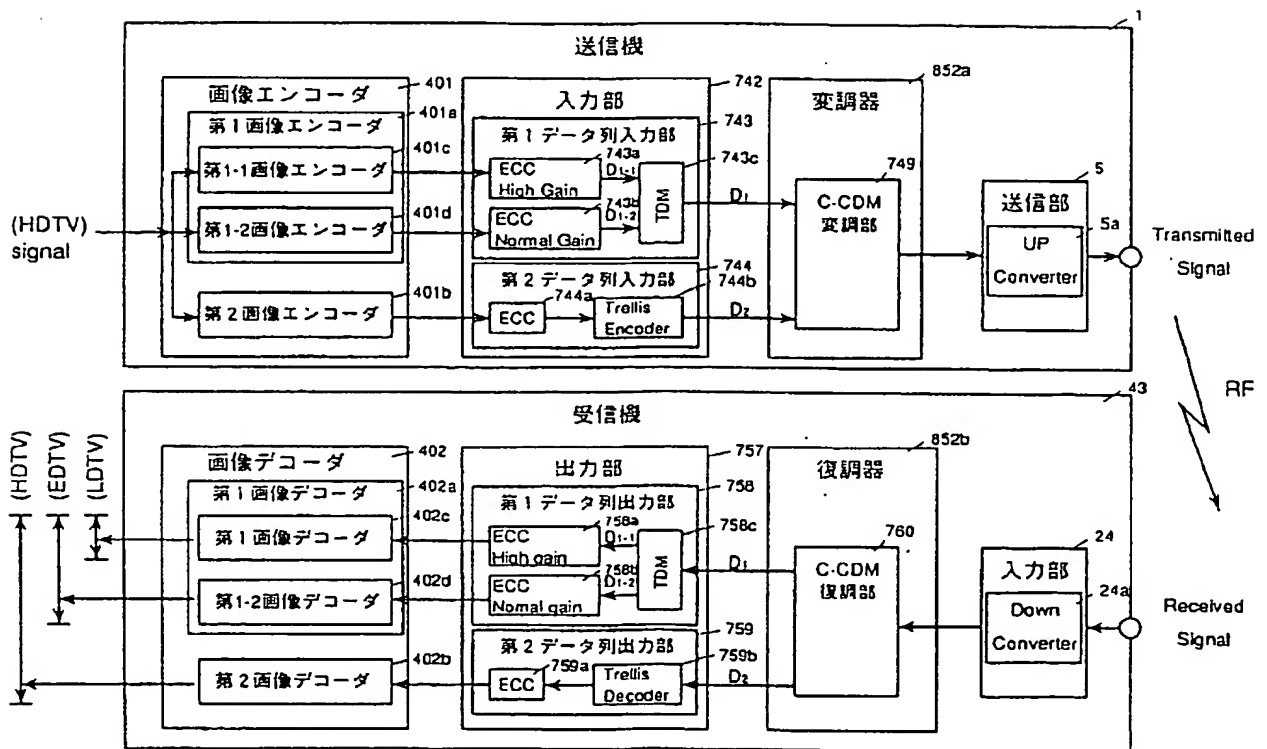
【図132】



【図130】



【図133】



The diagram illustrates a magnetic recording system architecture. It is divided into several main functional blocks:

- Input Section (入力部):** Receives signals from the input (401). It includes:
 - 第1データ入力部 (First Data Input Section):** Contains ECC (401a), High Gain (401c), and D1 (401d) components.
 - 第2データ入力部 (Second Data Input Section):** Contains ECC (401b), Normal Gain (401e), and D2 (401f) components.
- Encoding Section (エンコード部):** Processes the input data.
 - 第1面データエンコード部 (First Surface Data Encoding Section):** Takes D1 and D2 inputs and outputs 402a and 402b.
 - 第2面データエンコード部 (Second Surface Data Encoding Section):** Takes D1 and D2 inputs and outputs 402c and 402d.
- Modulation Section (変調部):** Converts the encoded data into a format suitable for recording.
 - C-CDM 変調部 (C-CDM Modulation Section):** Receives 402a and 402b, and outputs 749 and 744.
 - C-CDM 復調部 (C-CDM Demodulation Section):** Receives 749 and 744, and outputs 758 and 759.
- Recording Section (記録再生回路):**
 - 記録部 (Recording Section):** Receives 749 and 744, and outputs 854 (via a buffer 856 and a delay 857a).
 - 再生部 (Reproduction Section):** Receives 854 and outputs 858 (via a delay 857b and a buffer 856).
- Output Section (出力部):** Receives the reproduced signals (758, 759) and outputs them to the output (402).
 - 第1データ出力部 (First Data Output Section):** Contains ECC (758a), High Gain (758c), and D1 (758d) components.
 - 第2データ出力部 (Second Data Output Section):** Contains ECC (759a), Normal Gain (759c), and D2 (759d) components.

Additional components include a **バイパス発生器 (Bypass Generator)** (856) and a **遅延回路 (Delay Circuit)** (857a, 857b). The system is designed to handle both **HD TV** and **LD TV** signals, as indicated by the labels at the bottom.

【图 1 4 2】

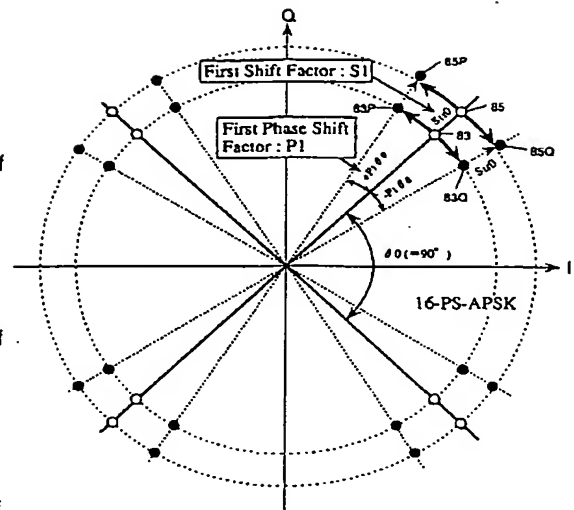


Figure 1 is a graph showing Transfer Rate (Mbps) on the Y-axis (logarithmic scale from 0.5 to 100 Mbps) versus Coverage Area (square miles) on the X-axis (linear scale from 0 to 5000). The graph illustrates the required transfer rate for various video services and their redundancy as a function of coverage area.

The services and their corresponding transfer rates are:

- HDTV: 15.20 Mbps
- EDTV: 4 Mbps
- SDTV: 4 Mbps
- LDTV: 1.15 Mbps

The graph shows the required transfer rate for each service and its redundancy (Hybrid 36-SRQAM Redundancy for FEC) as a function of coverage area. The required transfer rate increases with coverage area for all services.

The graph also shows the impact of different modulation schemes and their respective S values (S=1.8, S=2.5, S=3) on the required transfer rate. The required transfer rate increases with S.

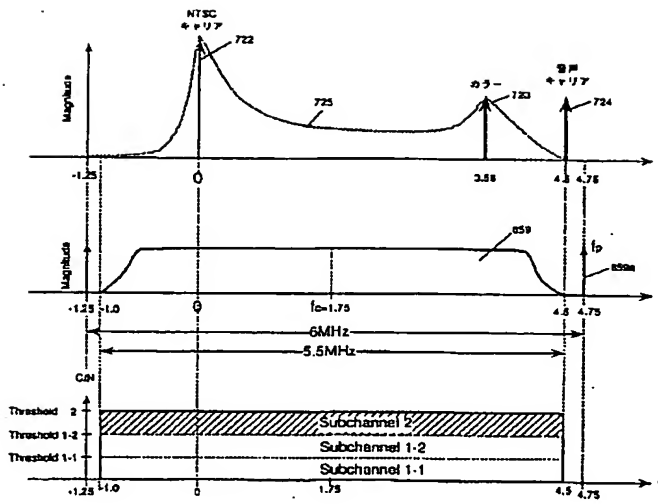
Key data points from the graph:

- At 0 square miles, the required transfer rate for HDTV is 15.20 Mbps.
- At 1000 square miles, the required transfer rate for HDTV is approximately 30 Mbps.
- At 2000 square miles, the required transfer rate for HDTV is approximately 60 Mbps.
- At 3000 square miles, the required transfer rate for HDTV is approximately 120 Mbps.
- At 4000 square miles, the required transfer rate for HDTV is approximately 240 Mbps.
- At 5000 square miles, the required transfer rate for HDTV is approximately 480 Mbps.

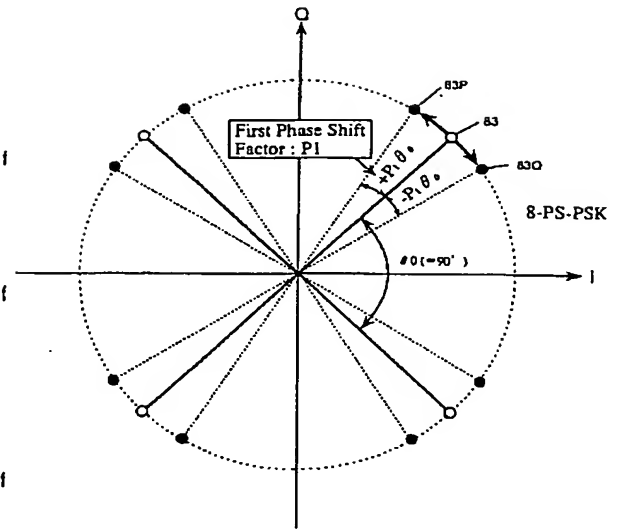
The graph also shows the required transfer rate for EDTV (or SDTV x 2), SDTV, and LDTV. The required transfer rate for these services is lower than for HDTV, but it also increases with coverage area.

The graph also shows the impact of different modulation schemes and their respective S values (S=1.8, S=2.5, S=3) on the required transfer rate. The required transfer rate increases with S.

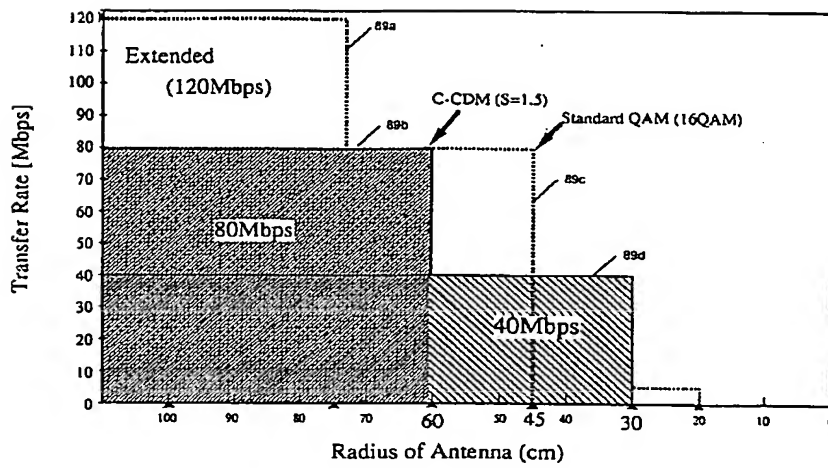
【図 136】



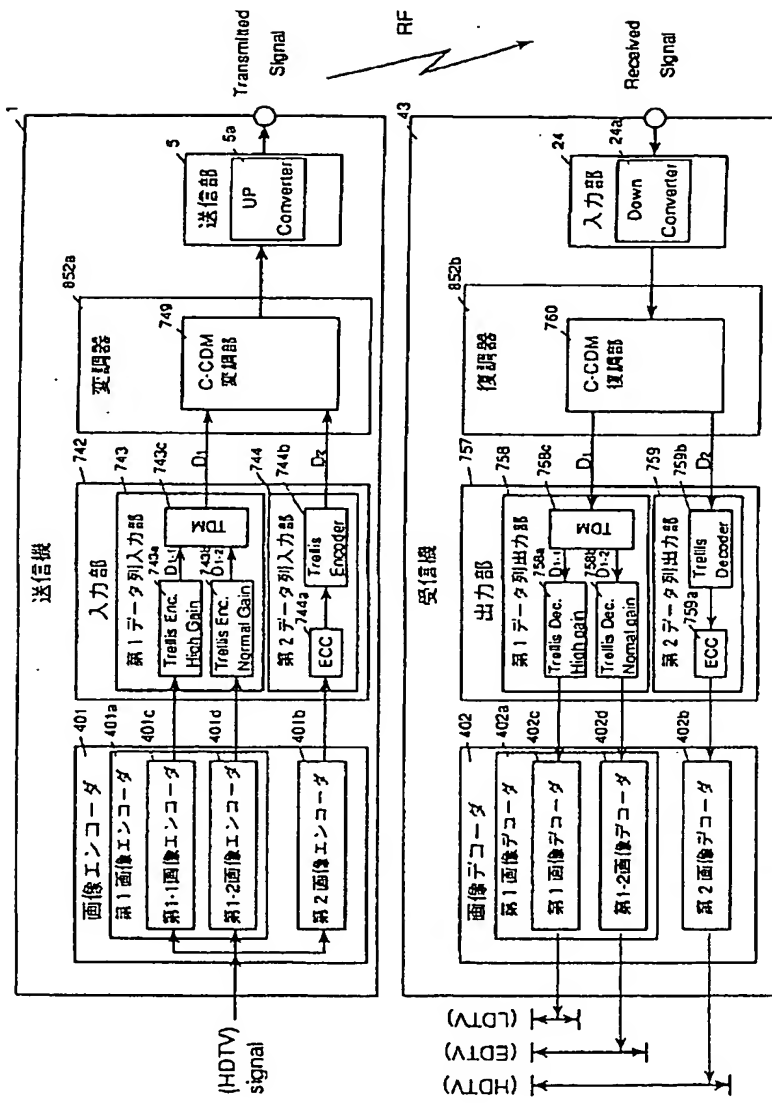
【図 141】



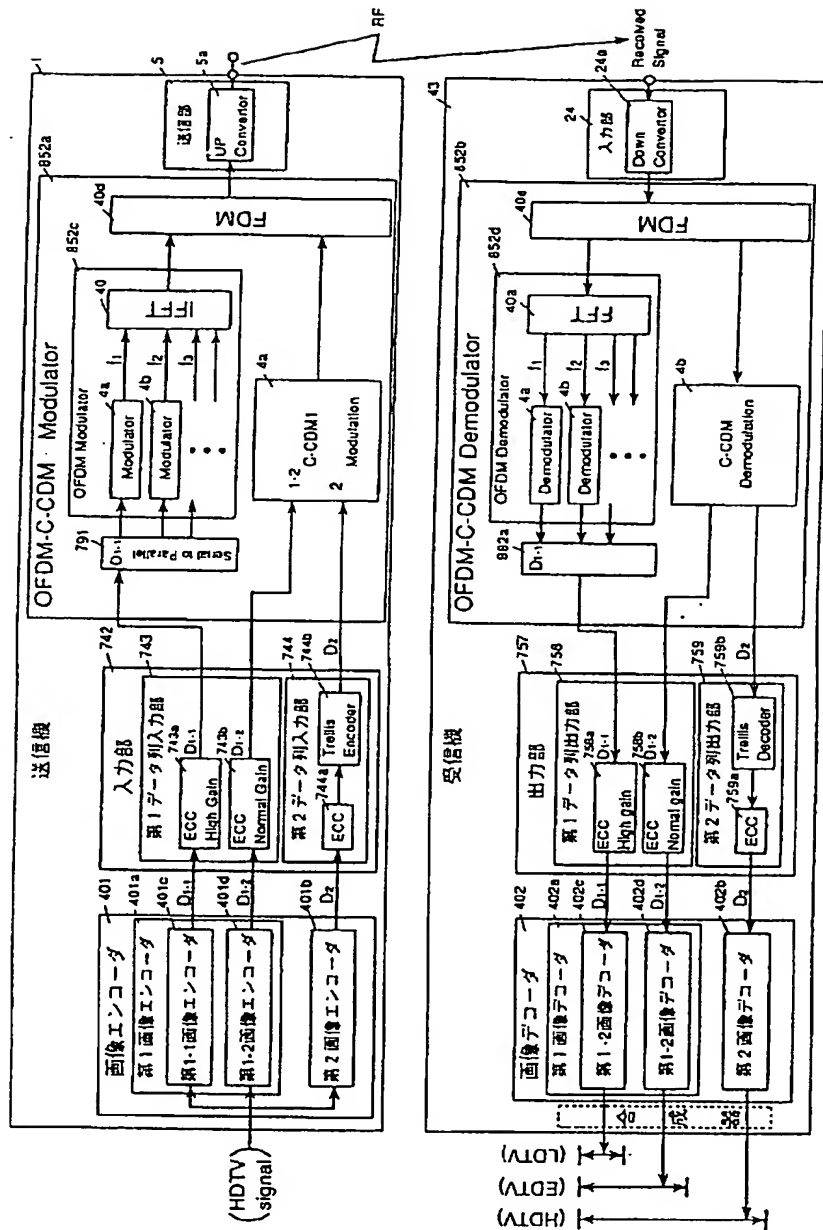
【図 143】



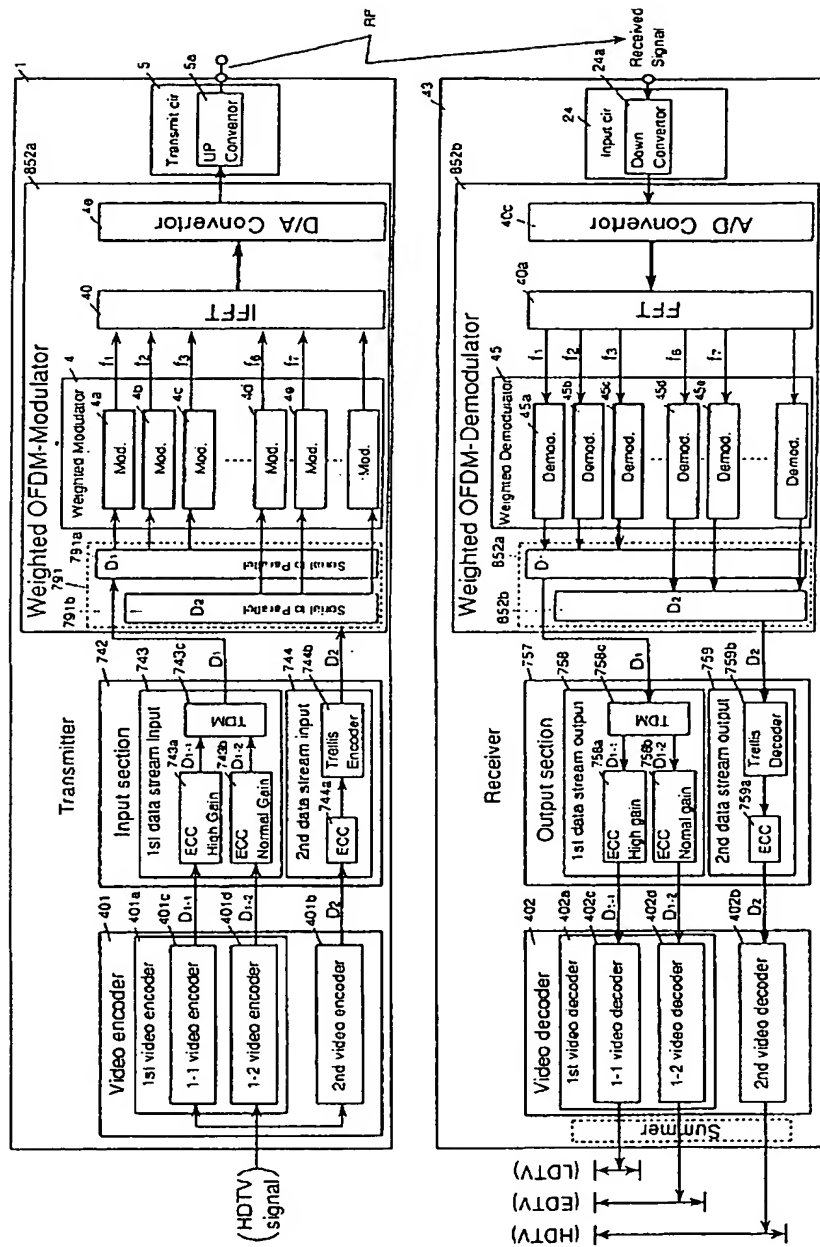
【図 137】



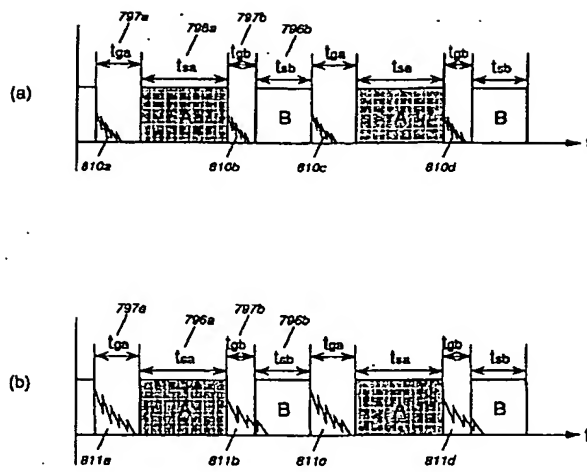
【図138】



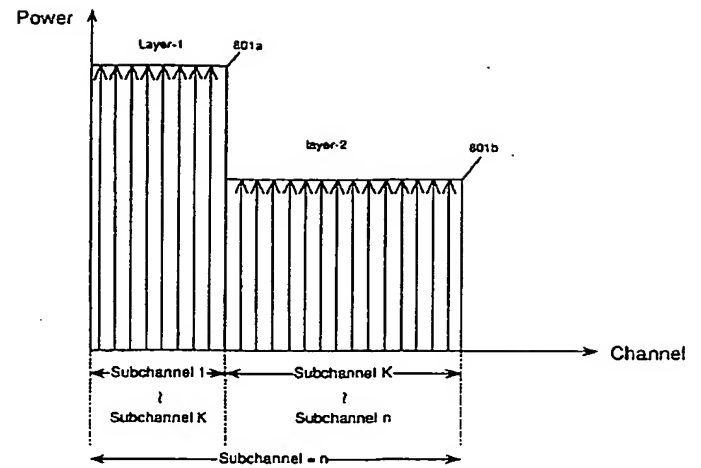
【図144】



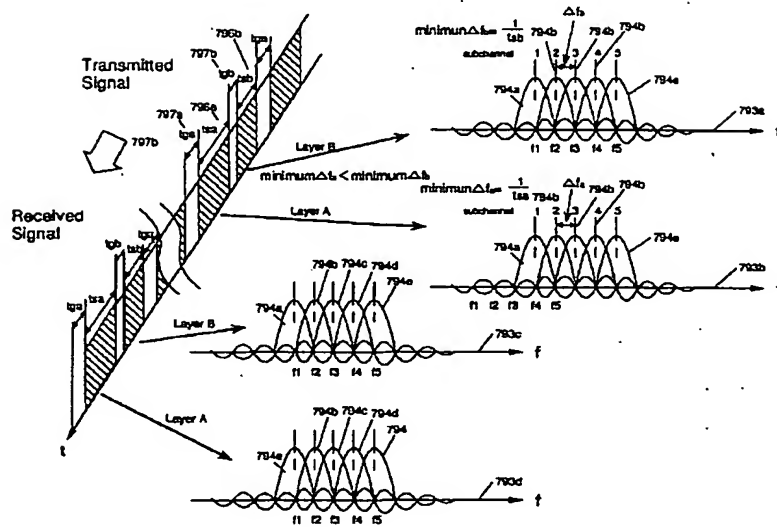
【図 1 4 5】



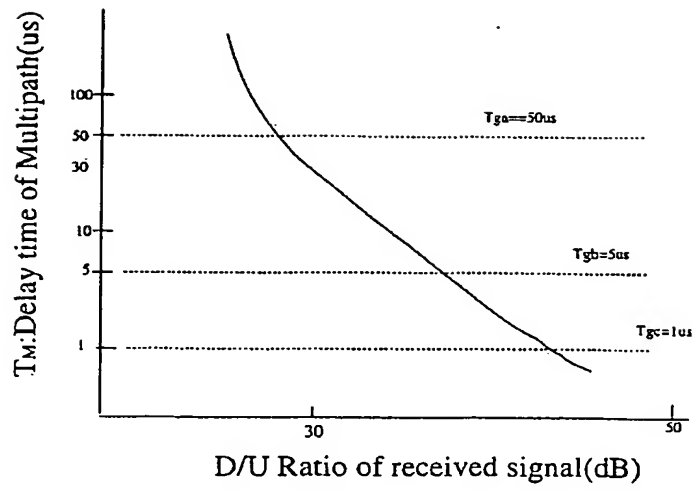
【図 1 4 7】



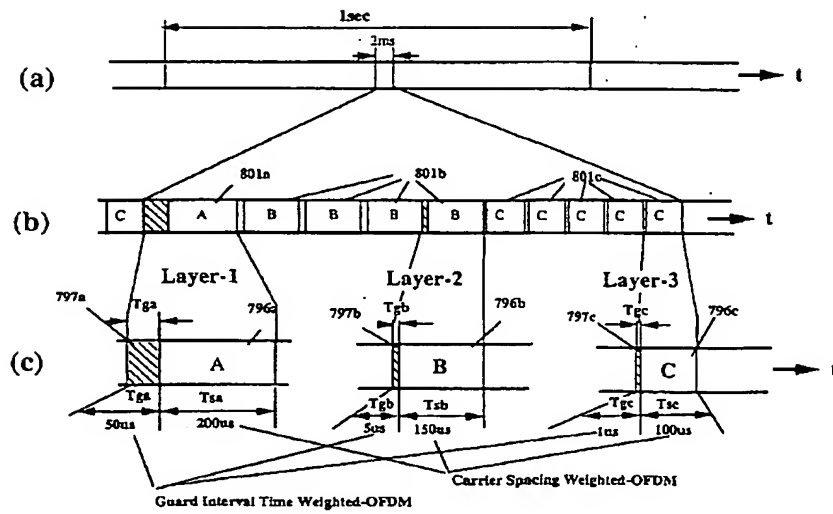
【図 1 4 6】



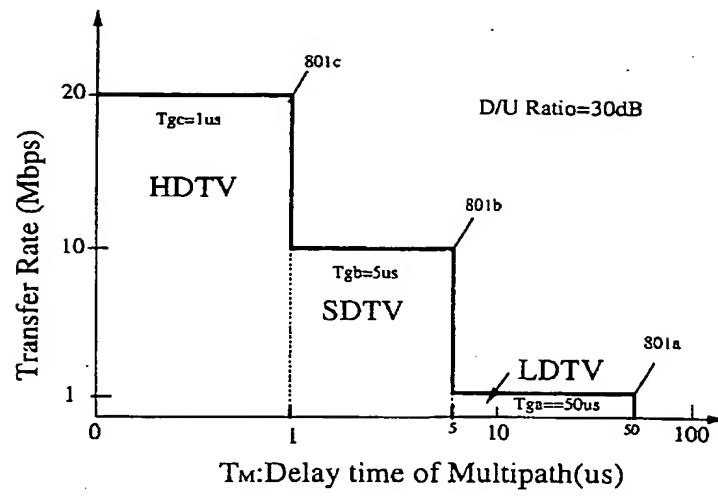
【図148】



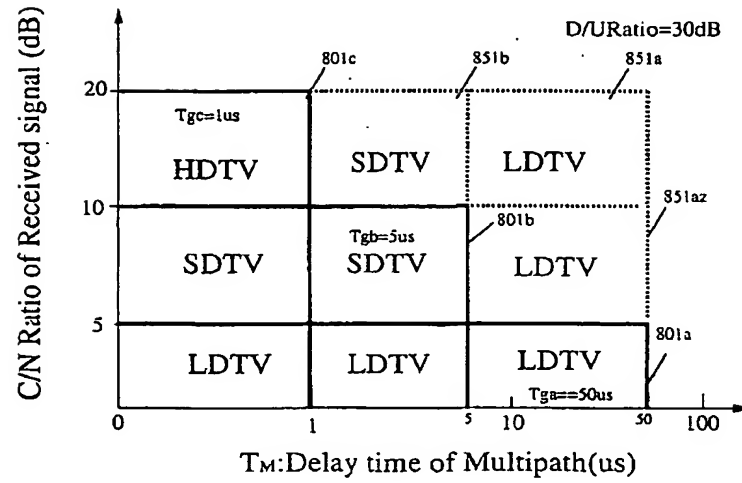
【図149】



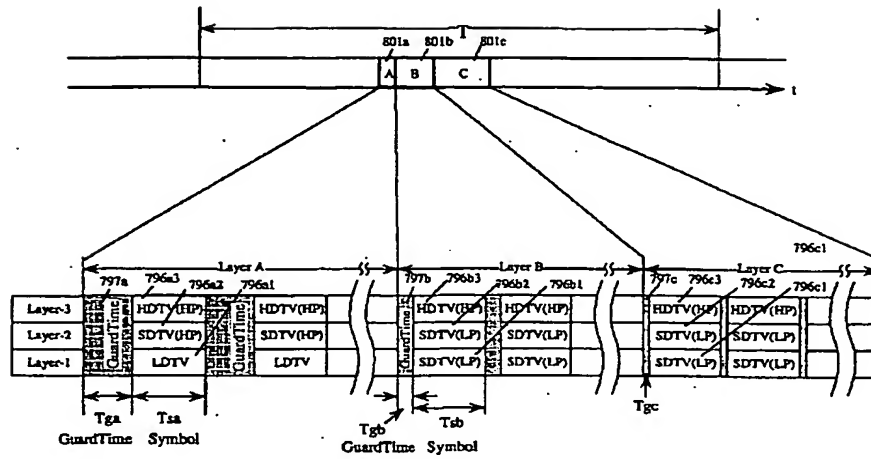
【図150】



【図151】



【図 1 5 2】



【図 1 5 3】

